

وزارة الدولة للبحث العلمى
المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية
حلوان

الزلازل

أ.د. على عبد العظيم تعيلب
رئيس المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية

مايو ٢٠٠٢

تقـــديم

فى إطار سياسة وزارة الدولة للبحث العلمى لدعم البحث العلمى كأساس للتنمية وربطة باحتياجات مؤسسات الإنتاج والخدمات بالدولة وتشجيعه على اقتحام المشكلات القومية وبحث السبل لحلها، تهتم وزارة الدولة للبحث العلمى أيضًا بالثقافة العلمية ونشر الوعى العلمى بين شباب المستقبل وسائر المثقفين.

وتحرص مراكز ومعاهد البحوث بوزارة الدولة للبحث العلمى تبسيط العلوم وإصدار الكتب المتخصصة والكتيبات العلمية المبسطة فى مجالات هذه المراكز والمعاهد لمساعدة القارئ العربى عامة والشباب بصفة خاصة على فهم العلوم ، واستيعابها.

والمعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية من المعاهد التى تقوم سنويًا بنشر العديد من الكتب والكتيبات العلمية المبسطة فى علوم طبيعة الأرض وعلوم الفضاء، وذلك لتعميم مفاهيم وتقريب مفرداتها من الأجيال الجديدة، لمساعدتهم على تفهم الكون والحفاظ على البيئة الطبيعية.

وكتاب الزلازل هو أحد الكتب التى يقدمها المعهد لتبسيط العلوم، وهو يهدف لفهم ظاهرة من الظواهر الخطيرة على الطبيعة والإنسان وهى الزلازل، وتوزيعاتها، وتكراريتها، وعلاقة الطاقة المتحررة عنها بالشواهد السطحية للأرض. كما يعرض الكتاب لأهمية الأخذ بمعاملات الأمان الزلزالى عند إقامة المنشآت الاقتصادية والعمرانية، وهذا الكتاب يضم جهد عالم مصرى له خبرته الطويلة فى مجال العلوم الچيولوچية، ودراساته فى تحركات القشرة الأرضية فى مصر. وقد جاء عرضه للموضوع مناسبًا للمتخصصين والقراء بصفة عامة.

ومع الأمل فى المزيد من الكتب والكتيبات العلمية المبسطة فى مجالات العلم المختلفة التى تخدم القارئ العربى، نسأل الله التوفيق لأسرة البحث العلمى لخدمة وطننا الحبيب.

أ.د. مفيد شهاب

وزير التعليم العالى والدولة للبحث العلمى

تقديم للمؤلف

تعتبرالزلازل إحدى الظواهر الطبيعية التى ترتبط بطبيعة الأرض وتكوينها الداخلى، وهى من أقوى الكوارث الطبيعية وأعنفها . والزلازل أيضاً من المخاطر الطبيعية التى يصعب التنبؤ بحدوثها حتى الآن ... ومع ذلك فهو أحد الأهداف التى تسعى البشرية إليها ... ويعكف العلماء على إجراء الدراسات والبحوث بغرض التوصل إلى ما يساعد إلى بلوغ الهدف المنشود .

لذا فإن التقليل أو التخفيف من مخاطر الزلازل هو المسعى الحالي للبشرية ، حيث يعمل علماء الزلازل وهندسة الزلازل فى العديد من بلدان العالم إلى التعرف على مناطق النشاط الزلزالي ، وطبيعة إنتشار موجات الزلازل في الصخور المختلفة لباطن الأرض وقشرتها السطحية وتأثيرها على المباني المقامة عليها ، والتحديد الدقيق لمكامن الزلازل وإنشاء خرائط النطاقات الزلزالية ، وإحتمالية وشدة الزلازل المتوقعة مستقبلاً ، ودراسة معاملات الأمان الزلزالي لكل منطقة حسب طبيعتها وحساب أكواد الزلازل

(الدليل الإنشائى) لكل منطقة منها ، وتسجيل عجلة الزلازل وحساب العجلة المتوقعة مستقبلاً في هذه المناطق بهدف تصميم وإنشاء مبان ومنشآت مقاومة للزلازل ... لكل منطقة طبيعتها ... ولكل مبنى أو منشأ تبعا للغرض من إنشائه.

وأتشرف بأن أقدم للقارىء هذا الكتاب عن الزلازل للتعريف بها وبمخاطرها وأسباب حدوثها سواء منها الزلازل الطبيعية أو الزلازل التأثيرية . كما يعرض الكتاب لتطور طرق رصد وتسجيل الزلازل فى الماضي والحاضر . أيضاً يتضمن الكتاب بيانات الزلازل التاريخية والزلازل الحديثة المسجلة التى أثرت على المناطق المختلفة من الكرة الأرضية والمنطقة العربية والتركيز على التاريخ الزلزالي القديم والحديث لمصر متضمناً عرضاً تفصيلياً لمناطق النشاط الزلزالي داخل مصر والمناطق المحيطة بها .

واستعرض الكتاب بين دفتيه البيانات المستخدمة فى الدراسات الحديثة عن التنبؤ بالزلازل ومدى إجابتها عن الأسئلة المطروحة عن موقع الزلزال القادم وقوته وزمن حدوثه... ومدى فاعلية الدراسات الحالية للإجابة عن هذه

الأسـئلة . وأيضـاً ونظـراً لصـعوبة التنبـؤ بحـدوث الزلازل حـتى الآن ، تم إيضاح مـا يعكف عليه العلماء حالياً من الإستفـادة من هذه البيـانات منفردة أو مجتمعة للتخفيف من مخـاطر الزلازل ودراسة الأمـان الزلزالي وتصميم وإنشاء مبـان ومنشـآت مقـاومـة للزلازل مع الشـرح التفـصيلي لما يجـرى فى مصـر من دراسة للمخاطر الزلزالية ٠

وقد أختتم الكتاب ببعض الإرشـادات الواجب إتبـاعهـا من المواطنين لمواجـهة مـخـاطر الزلازل فى مـرحلة مـا قـبل حدوث الزلـزال وأثنـاء حدوث الزلزال وبعد حدوث الزلزال .

وأتمنى أن أكون قد قدمت فى هذا الكتاب مـا يفيد القـارىء ومـا يعتبـر إضافة للمكتبة العربية فى هذا المجال .

والله ولى التوفيق ٠٠٠

المؤلف

أ.د. على عبد العظيم تعيلب

الفصل الأول

المعلومات الأساسية عن الزلازل

٨

مقدمة:

يتعرض كوكب الأرض بين الوقت والآخر ، وعلى مر العصور ، إلى عدة كوارث طبيعية تؤثر على حياة البشر . ومن أشهر هذه الكوارث : الـزلازل - البراكين - الأعاصير - العواصف - الفيضانات - الإنهيارات الأرضية - السيول - التصحر - الحرائق . وتعتبر الـزلازل من أقوى الكوارث الطبيعية وأعنفها ، فهي تدمر المنشآت بمن فيها ، وتدمر الكباري والطرق وتحدث إنكسارات في صخور القشرة الأرضية . ولا يوجد مكان على سطح الأرض غير معرض للهزات الأرضية،وإن اختلفت طبيعتها من مكان إلي الآخر .

والـزلازل كظاهرة طبيعية ترتبط بطبيعة الأرض وتكوينها الداخلي . ومن لطف الله تعالى بعبادة أن جعل حدوث الـزلازل متنفسا تخرج به الأرض ما بداخلها من ضغوط وطاقة مخزونة لولاها لا نفجرت الأرض وتناثرت في الفضاء كما يحدث من إنفجار لبعض النجوم والكواكب . كما أنه من لطف الله تعالى بعباده أن جعل الـزلازل الكبيرة محدودة فلا يصيب الأرض منها إلا عدد محدود من الهزات في السنة الواحدة ، إلا أنها عند وقوعها فإن آثارها تكون من أكبر الكوارث الطبيعية وأقواها على الإطلاق .

والـزلزلة هي رجات خاطفة سريعة تضرب الأرض وما عليها وتحدث إهتزازات في صخور القشرة الأرضية نتيجة مرور موجات ذبذبية فيها . وتتراوح الـزلازل بين الكارثية والمدمرة والمتوسطة والصغيرة . وأغلب الـزلازل تكون من النوع الضعيف الذي لا يحس بها الإنسان ولكن تسجلها فقط أجهزة الرصد الزلزالي . ويحدث سنوياً على امتداد الكرة الأرضية نحو مليون هزه ، لا يشعر الإنسان منها إلا بنحو الثلث تقريباً .

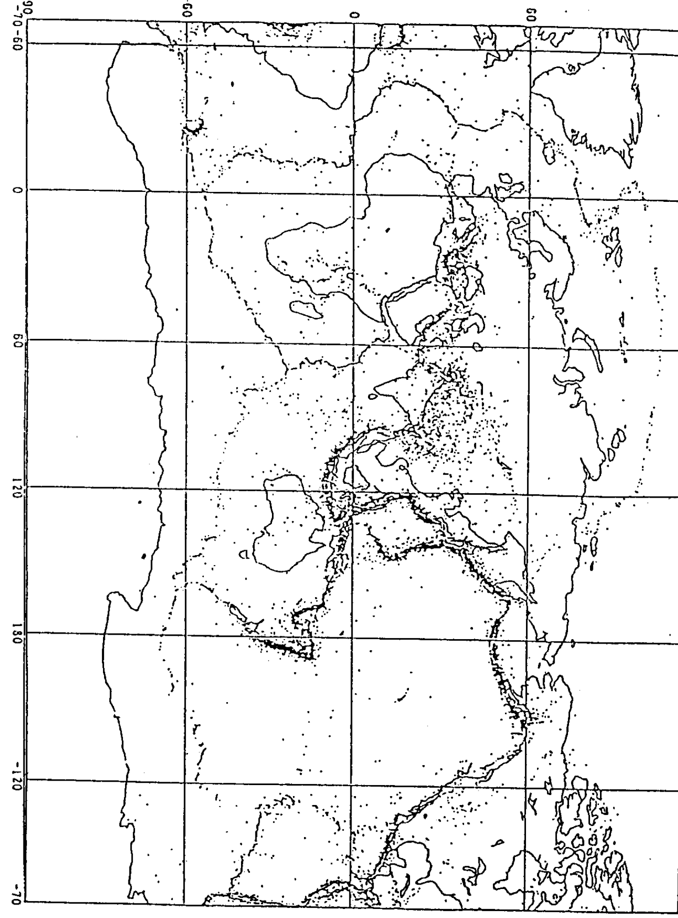
وتعرف المناطق التي تتركز فيها الهزات الزلزالية على سطح الأرض

باسم أحزمة الزلازل أو النطاقات الزلزالية ، وهى أماكن لها صفات جيولوجية خاصة وتتميز بضعف قشرتها الأرضية وقلة سمكها وكثرة الصدوع والفوالق بها . وأحزمة الزلازل الرئيسية على مستوى الكرة الأرضية منها (شكل رقم ١) :

حزام المحيط الهادي (الباسيفيكي) :	يمر حول المحيط الهادى ويشمل جزر اليابان وسواحل روسيا الشرقية وسواحل غرب الأمريكتين. وهذا الحزام هو أشد الأحزمة خطورة ، ويسمى دائرة النار .
حزام جبال الهيمالايا :	ويشمل شمال الصين والهند وإيران والعراق.
حزام جبال الألب :	ويشمل دول جنوب أوروبا (إيطاليا - يوغوسلافيا - اليونان) وتركيا ويمتد ليشمل غرب المغرب .
حزام الأطلنطي :	ويقع فى وسط المحيط الأطلنطي.
حزام غرب أمريكا :	ويشمل الشاطى الغربي لأمريكا الشمالية ويمتد إلى أمريكا الجنوبية.
حزام شرق إفريقيا :	ويمتد عبر أخدود البحر الأحمر شمالاً إلى البحر الميت وتركيا وجنوباً إلى الأخدود الإفريقى العظيم .

وتتقسم الأحزمة الزلزالية إلى ما يزيد عن خمسون نطاقاً زلزالياً .

وتعتبر مصر خارج نطاق الأحزمة الزلزالية ، ولكن لا يمنع ذلك من تعرضها من وقت لآخر لبعض الزلازل متوسطة القوة سواء داخل الأراضى المصرية أو المناطق المحيطة بها شرقاً وشمالاً .



شكل رقم (١)

أحزمة الزلازل الرئيسية وتوزيع النشاط الزلزالى على مستوى الكرة الأرضية

والمدن التى تقع على الأحزمة الزلزالية أو بالقرب منها تعد مدناً منكوبة حيث تتعرض بصفة دورية للتدمير الجزئي أو الكلى بفعل الزلازل . وعندما يحدث زلزال كبير بالقرب من مثل هذه المدن فإن البنية الأساسية (أنابيب الغاز والماء والصرف الصحي وخطوط الكهرباء والتليفونات .. الخ) يتم تدميرها بفعل الزلازل. ويتزايد التأثير التدميري للزلازل إذا لم تراعى القواعد الصحيحة فى إقامة المنشآت والمباني والخدمات الأساسية .

بعض المعلومات الأساسية عن الزلازل:

١ - **بؤرة الزلزال :** هو المكان تحت سطح الأرض الذى تنطلق منه الهزة الأرضية لتنتشر منه الموجات الزلزالية فى جميع الإتجاهات (شكل رقم ٢). والبؤرة ليست منطقة صغيرة محدودة الحجم حيث أنها فى كثير من الحالات تغطى منطقة عريضة الإتساع .

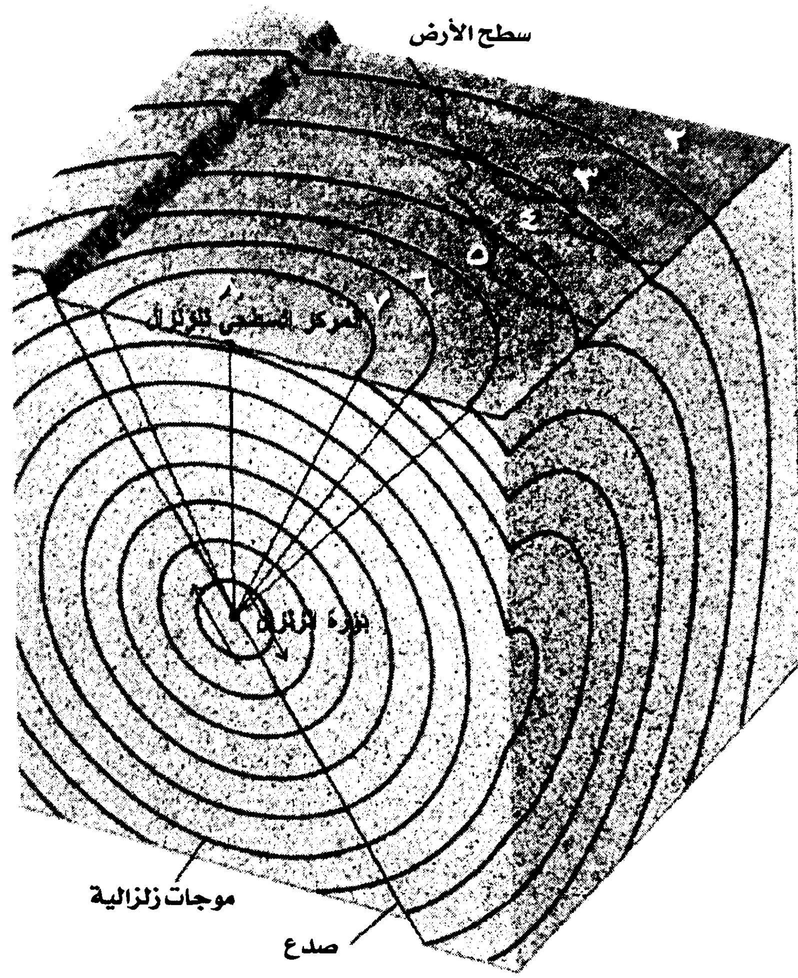
وقد تكون بؤرة الزلزال على عمق ضحل لا يتعدى عشرات من الكيلومترات ولا يتجاوز ٣٠ كيلومترا ، أو على عمق كبير يصل إلى بضع مئات من الكيلومترات . والأول أكثر خطورة تدميرية وهو أخطرها على الإنسان والمنشآت عن الزلازل ذات البؤر العميقة. وتنقسم الزلازل حسب عمق بؤرها إلى ثلاث مجموعات هى :

زلازل ضحلة : وهى الزلازل التى تحدث بؤرها عند عمق أقل من ٧٠ كم تحت سطح الأرض .

زلازل متوسطة العمق : وهى الزلازل التى تحدث بؤرها فيما بين ٧٠ - ٣٠٠ كم تحت سطح الأرض .

زلازل عميقة : ويكون عمق بؤرها فيما بين ٣٠٠-٧٠٠ كم تحت سطح الأرض وهى قليلة .

ولم يسجل إلا عدد قليل جداً من الزلازل التى يزيد عمق بؤرها عن ٧٠٠ كم تحت سطح الأرض . ويوضح الشكل رقم (٣) توزيع الزلازل لتي



شكل رقم (٢)

بؤرة الزلزال - المركز السطحى للزلزال - شدة الزلزال

حدثت على إمتداد الكرة الأرضية فى بؤر علي أعماق مختلفة من سطح الأرض .

٢ - **مركز الزلزال :** هو المسقط الرأسي لبؤرة الزلازل على سطح الأرض أو بمعنى آخر النقطة على سطح الأرض التى تعلو البؤرة (شكل رقم ٢) .

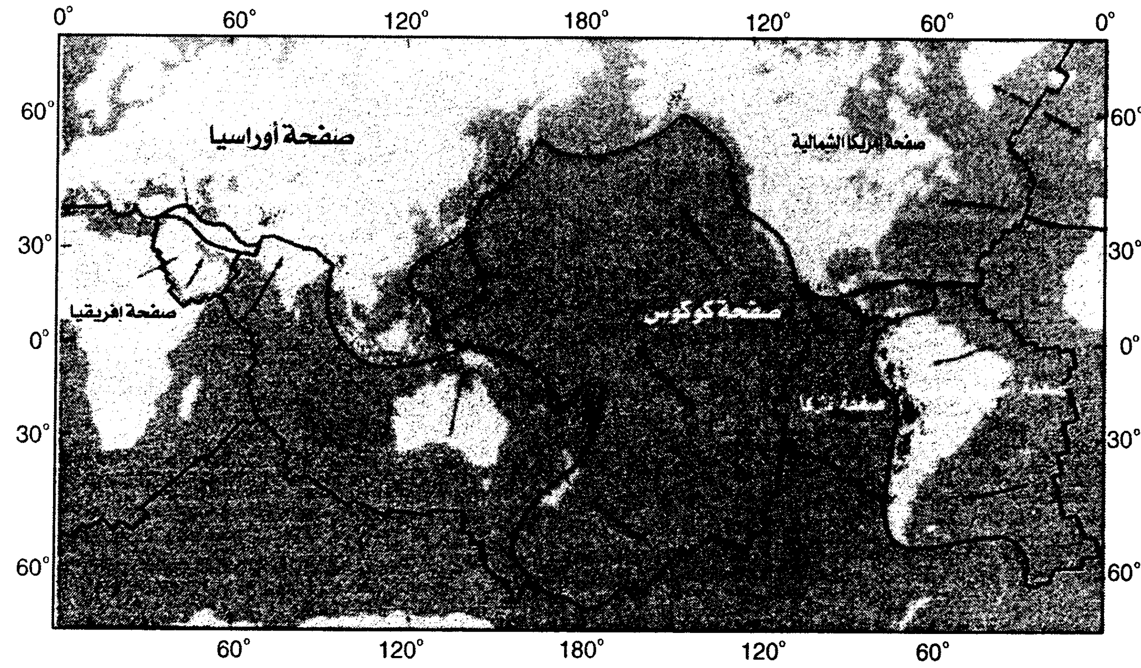
٣ - **الموجات الزلزالية :** يصدر عن الزلازل موجات تنتشر فى صخور الأرض وفى جميع الإتجاهات من بؤرة الزلازل وبسرعات مختلفة تتوقف على نوعية الصخور التى تنتشر فيها هذه الموجات . والموجات الزلزالية المتجهة إلى سطح الأرض تسبب الإهتزازات التى تؤثر على المبانى والمنشآت . أما الموجات المتجهة إلى أعماق الأرض فتقع فى مسارات مختلفة تعتمد على خواص ومكونات باطن الأرض وتظهر هذه الموجات على السطح فى نقاط تبعد كثيرا عن بؤرة الزلازل (شكل رقم ٤) . وهناك نوعان من الموجات الزلزالية هما :

الموجات الداخلية : وهى الموجات التى تنطلق من بؤرة الزلزال وتسرى داخل جسم الأرض . وتنقسم هذه الموجات إلى نوعين هما :

- الموجات الطولية أو الأولية .
- الموجات المستعرضة أو الثانوية .

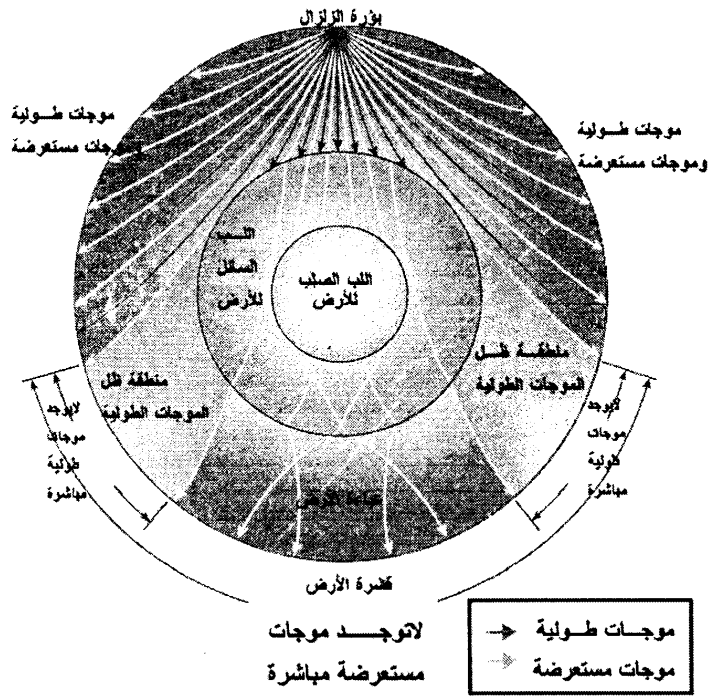
الموجات السطحية : وتتكون هذه الموجات عند التقاء الموجات الداخلية بسطح الأرض، وتسرى هذه الموجات فى النطاقات العليا من سطح الأرض . وتنقسم هذه الموجات إلى نوعين هما :

- موجات رايلى .
- موجات لوف .



شكل رقم (٢)

توزيع النشاط الزلزالى على الأعماق المختلفة من سطح الأرض



شكل رقم (٤)

المسارات المختلفة للموجات الصادرة من بؤرة الزلزال

أ) **الموجات الداخلية :**

تسرى هذه الموجات فى جميع الإتجاهات داخل الأرض. وتنقسم الموجات الداخلية إلى الموجات الطولية والموجات المستعرضة .

الموجات الطولية أو الأولية :

هى موجات تضاغطية - تخلخلية ، تحدث تشوهات فى المواد الصلبة عندما تمر فيها حيث أنها تؤدى إلى تغير أحجامها . وتتشكل هذه الموجات من ذبذبات أو نبضات ضغط يعقبها نبضات تخلخل ، ويسبب إنتشار هذه الموجات إهتزازاً لحبيبات الصخور حول موضعها فى إتجاه إنتشار الموجات لذا تسمى بالموجات الطولية .

والموجات الطولية هى أسرع الموجات الزلزالية ، لذا فإنها أول الموجات التى تسجلها أجهزة رصد وتسجيل الزلازل ، لذا تسمى بالموجات الأولية .

وتسرى الموجات الطولية فى المواد الصلبة والسائلة والغازية . ومن صفاتها أنها تغير حجم الوسط الذى تنتشر فيه وتشوهه . وتحدث هذه الموجات فى بعض الأحيان أصواتا مسموعة عند إنتقالها من الأرض الصلبة إلى الهواء الجوى .

الموجات المستعرضة أو الثانوية :

الموجات المستعرضة يسبب إنتشارها إهتزازا لحبيبات الصخور فى إتجاة عمودى على إتجاة إنتشار هذه الموجات ، لذا فالموجات المستعرضة لها مركبتان : إحداهما عمودية والأخرى أفقية . وتنتشر الموجات المستعرضة فى الوسط الصلب فقط . وتسمى هذه الموجات أيضاً بموجات القص حيث أنه من طبيعتها أنها تغير من شكل الوسط الذى تنتشر فيه .

والموجات المستعرضة هى أشد أنواع الموجات الزلزالية تدميراً للمبانى والمنشآت المقامة على سطح الأرض . وسرعة إنتشار الموجات المستعرضة أقل من سرعة إنتشار الموجات الطولية ، لذا يتم رصد الموجات المستعرضة

وتسجيلها بمحطات الرصد الزلزالى بعد وصول الموجات الطولية ولذا تسمى أيضاً بالموجات الثانوية .

ب) الموجات السطحية :

تتولد الموجات السطحية عند التقاء الموجات الداخلية بسطح الأرض ، وتنتشر فى الطبقات العليا لسطح الأرض ، ويمكنها أن تنتشر حول الكرة الأرضية عدة مرات. ويتغير مسار الموجات السطحية بالإنكسار أو الإنعكاس. وتتسبب الموجات السطحية المتولدة من الزلازل الكبيرة فى إحداث حركات سطحية ملموسة للقشرة الأرضية. وتنقسم الموجات السطحية إلى عدة أنواع متباينة فى سرعتها والظروف المسببة لتكونها منها :

موجات رايلى :

تؤدى عند إنتشارها فى الطبقات العليا لسطح الأرض إلى حدوث ذبذبات إهليلجية تقهقرية مثل موجات البحر (موجات مد وجذر) ينشأ عنها تفكك لهذه الطبقات وإنهيار للمبانى المنشأة عليها .

موجات لوف :

تتولد هذه الموجات عند سطح الأرض نتيجة للتأثير المتبادل بين الموجات الثانوية (المستعرضة) وبين سطح الأرض ، لذا فإنها تشبه كثيراً الموجات المستعرضة فى تذبذبها الأفقي (المركبة الأفقية) ، أى أنها تتذبذب ذبذبة أفقية فقط . وتزيح موجات لوف سطح الأرض فى إتجاه عمودى على إتجاه إنتشارها . وموجات لوف لا تنتشر فى السوائل مثل الموجات المستعرضة . وسرعة موجات لوف أكبر من سرعة موجات رايلى.

٤) شدة الزلازل :

هى قيمة كيفية لمدى تأثير الزلزال عند مكان ما ، وتتناقص الشدة مع

بعد المسافة عن مركز الزلزال ، وتصل شدة الزلزال أقصاها فوق مركز الزلزال (شكل رقم ٢) . ومن اشهر مقاييس شدة الزلازل مقياس ميركاللى المعدل وهو مقسم إلى ١٢ درجة .

أ) مقياس ميركاللى المعدل :

وضعه العالم الإيطالى ميركاللى وقسمه إلى ١٢ درجة حسب مدى الإحساس بالزلزال وتأثيراته . وهو من أشهر المقاييس الوصفية لشدة الزلازل. ويوضح الجدول رقم (١) التحديد الوصفى (الكيفي) لشدة الزلازل حسب مقياس ميركاللى المعدل

ب) خرائط شدة الزلزال :

يتم عقب حدوث الزلازل دراسة آثار الهزة الأرضية على الأرض وما عليها من منشآت . ويتم توقيعها على خرائط تعرف باسم خرائط توزيع شدة الزلازل حول المركز السطحي للزلزال . وتظهر خرائط توزيع شدة الزلازل على هيئة نطاقات حول المركز السطحي للزلزال ، وتقل الشدة بعيداً عن هذا المركز . وتعتمد أشكال خرائط توزيع شدة الزلازل على عوامل كثيرة أهمها : قوة الزلزال وعمق بؤرته - طبيعية الصخور التى تمر فيها الموجات الزلزالية - التراكيب الجيولوجية وطبوغرافية سطح الأرض - منسوب سطح المياه الجوفية . وقد تزيد شدة الزلزال فى إتجاه معين وتقل فى إتجاه آخر .

ويوضح الشكل رقم (٥) خريطة توزيع شدة زلزال ١٢ أكتوبر ١٩٩٢.

٥- قوة الزلازل :

هى مقدار الطاقة المتولدة من الزلزال . وهى كمية ثابتة تقدر حسابياً من جميع محطات رصد الزلازل . ويعتبر أشهر مقياس لقوة الزلازل هو مقياس ريختر ، المقسم إلى عشر درجات .

جدول رقم (١)
مقياس ميركاللى المعدل لشدة الزلازل

شدة الزلازل	الأثر الذي يحدثه الزلزال	
	الأفراد	الأرض والمبانى والمنشآت
١	يشعر به قليل من الأفراد ذوي الحساسية العالية.	
٢	يشعر به بعض سكان الطوابق العليا فى أوقات الراحة والسكون.	
٣	يشعر به السكان داخل المنازل خاصة سكان الأدوار العليا .	تتأرجح الأجسام المعلقة كالثريات .
٤	يشعر به كثير من الناس داخل المبانى كما يشعر به البعض خارج البيوت.	تتأرجح الأجسام المعلقة وتهتز السيارات الساكنة ويسمع للابواب والنوافذ المغلقة صريراً والأبواب والنوافذ المفتوحة جلجلة، كما يسمع للأقداح الزجاجية المتجاورة صلصله.
٥	يشعر به كل الناس ويستيقظ النائمون بسبب الرجة .	ترتج الموائع فى الأوانى وينسكب بعضها وتنقلب الأواني وتتشتت. ينفتح المغلق من الأثاث ويسقط بعض طلاء الجدران وتتحرك ضلف النوافذ الخشبية . تتوقف الساعات البندولية وتتحرك الصور المعلقة على الجدران . ترتج الأعمدة والأجسام الشاهقة الإرتفاع مثل المآذن والمداخن.
٦	يشعر به كل الناس ويصاب الكثير بالرعب والفزع ويهرعون خارج البيوت.	تتحرك قطع الأثاث الصغيرة وتتحطم النوافذ والأواني والأطباق الزجاجية. تتساقط الكتب من فوق الأرفف والصور من فوق الجدران . تتزحزح بعض قطع الأثاث الكبيرة وقد تنقلب . تحدث بعض الأضرار فى الجدران الرديئة والقديمة ، كما تتحطم بعض الأبراج والمآذن والمداخن.
٧	يهرب الناس خارج المبانى ويشعر به الناس فى العربات المتحركة.	تهتز الأجسام المعلقة بشدة . وتصاب المنشآت العادية ببعض التلف وتتساقط بعض أجزائها وتتهدم المنشآت والمبانى الضعيفة والقديمة بدرجة أكبر. وتحدث أمواج على سطح البرك المائية .

تابع جدول رقم (١)
مقياس ميركاللى المعدل لشدة الزلازل

٨	رعب عـــام	تصاب المنشآت جيدة التصميم ببعض التلف، والمنشـــآت العاديـــة بأضرار شديدة ، وتتهدم المباني الضعيفة والرديئة التصميم والبنـاء، وتتساقط الجدران وينقلب الأثاث . تسقط الأبراج والمآذن والمداخـن وتتساقط أغصان الأشجار . تتدفق مياه العيـــون والأبـــار وتتشـــق أسطح الأرض الرطبة وتتساقط المنحدرات .
٩	رعب عام وهلع شديد	تدمير شامل فى المبانى الضعيفة وتصاب المبانى جيدة التصميـــم بتلف شديد ، وتتلف خزانات المياه وتتحطم خطوط المياه والصــرف والغاز المدفونة تحت الأرض . تحدث تشققات أرضية كبيرة . وفى المناطق الرملية الطينية يقذف الرمل والطين إلى أعلى فيما يعـــرف باسم (نافورات الزلازل).
١٠	رعب عام وهلع شديد	تتحطم معظم المنشآت والهياكل الخشبية والمعدنية جيدة البناء ، كمـا تتحطم أغلب المنشآت المبنية بالحجر أ والطوب أوالخرسانه تتشـقق الأرض تشققات واسعة وكبيرة وتتلف السدود والطـــرق المعبـده. إلتواءات جزئية فى قضبان السكك الحديديـــة . وتقـــع إنـــهيارات وإنزلاقات أرضية كبيرة. تقذف المياه علـــى شـــواطيء وضفـــاف القنوات والترع والأنهار ويزاح الرمل والطين.
١١	رعب وهلـــع شديدين	تتحطم الكباري وتتثني بشدة قضبان السكك الحديديـــة ، ولا يبقـــى دائما غير عدد قليل من المنشآ ت الجيدة الإنشاء. تتلف تماماً أنابيب مياه الشرب والصرف الصحي والغاز المدفونـــة تحـــت الأرض . تحدث تشققات أرضية واسعة ويظـــــهر بعـــض الفوالـــق . وتقـــع إنزلاقات أرضية على نطاق كبير فى المناطق الجبلية ، كما تتدفـــق المياه فوق سطح الأرض.
١٢	رعب وهلع شديدين	خراب شامل ودمار تام تقريباً . تهتز الأرض ويتراقص ســـــطحها مثل موج البحر وتقذف ما عليها من الأشياء فى الهواء .

مقياس ريختر لقوة الزلازل :

وهو مقياس كمي لقوة الزلازل مبنى على مقدار الطاقة المتحررة عند بؤرة الزلزال . قام بوضع المقياس العالم الألمانى ريختر .

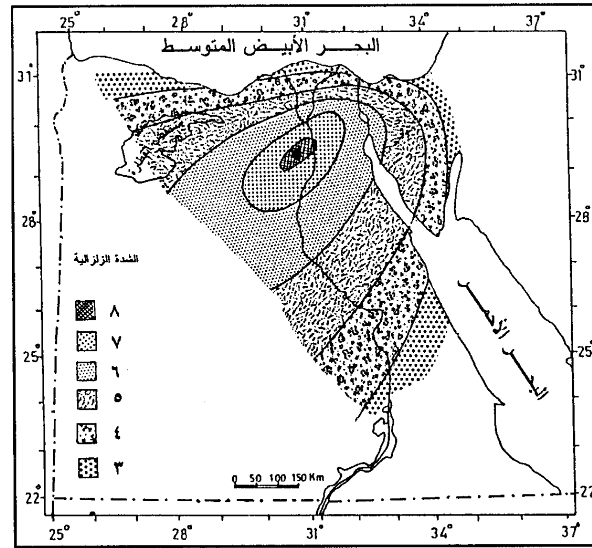
وقد قسم ريختر الموجات الزلزالية إلى درجات مختلفة تبدأ بمقدار (١) وتزيد على أساس لوغاريتمى . فمثلاً الزلزال الذى مقداره (٢) هو أقوى عشر مرات عن الزلزال الذى مقداره (١) ، والزلزال الذى مقدرة (٣) هو أقوى مائة مرة عن الزلزال الذى مقداره (١) .

وقد قسم علماء الزلازل قوتها ، تبعاً لمقياس ريختر ، إلي خمسة أنواع هما :

زلازل قـويــــة : وهي التي تزيد قوتهـا عن ٧ درجة .

زلازل متوسطة : وهي التي تقع قوتها ما بين ٥- ٧ درجة .

زلازل ضعيفة : وهي التي تقع قوتها ما بين ٣-٥ درجة.



شكل رقم (٥) : توزيع شدة زلزال ١٢ أكتوبر ١٩٩٢

زلازل صغيــرة : وهي التي تقع قوتها ما بين ١ - ٣ درجة.

زلازل فائقة الصغر : وهى التي تقل قوتها عن ١ درجة.

ويستخدم مقياس ريختر على مستوى العالم لقياس قوة الزلزال إعتماداً على تقدير سعة أكبر الموجات الزلزالية التى يتم تسجيلها بواسطة أجهزة رصد الزلازل ، مع الأخذ فى الإعتبار مدى تكبير الأجهزة للموجات الزلزالية عند تسجيلها .

ومن أهم مزايا مقياس ريختر إعتماده على الطاقة المنطلقة من بؤرة الزلزال ، وهى الطاقة التى تتجمع وتختزن فى الصخور لأسباب جيولوجية وتكوينية، وذلك قبل حدوث الزلزال بوقت ما ...... وعندما تزيد طاقة الإجهاد المختزن فى الصخور عن حد معين هو مدى تحمل تلك الصخور لهذه الطاقة ، فإن هذه الصخور تنهار فجاه وتتعرض لإزاحات رأسية وأفقية وتتشقق وتتحرر منها الطاقة المخزونة متحولة إلى طاقة حركية محدثة الموجات الزلزالية التى تهز حبيبات الصخور .

وتحدد مقاومة الصخور للانهيار المقدار الزلزالى : فصخور القشرة الأرضية ،الأكثر تحملاً ، تنهار وتتصدع قبل أن تتراكم فيها طاقة الإجهاد الكافية لإحداث زلازل يزيد مقدار الواحد منها عن تسع درجات على مقياس ريختر . ومن ثم لا يحتمل وقوع زلازل بمقدار أكبر من تسع درجات على مقياس ريختر .

والمقدار الزلزالى لأكبر الزلازل التى تم رصدها يقترب من ٨,٦ درجة على مقياس ريختر (زلزال الإكوادور - ١٩٠٦م، وزلزال الآسكا- ١٩٦٤ م). وزلزال بهذا المقدار يحرر طاقة تعادل الطاقة المنطلقة من تفجير حوالى خمسين مليون طن من مادة ت.ن.ت أى ما يعادل ٢٥٠٠ قنبلة ذرية مثل قنبلة هيروشيما . ويعتقد أن زلزال لشبونة - ١٧٥٥ م (زلزال تاريخى غير مسجل على أجهزة رصد الزلازل) قد بلغت قوته ٨,٩ درجة على مقياس ريختر .

٦- رتب الزلازل :

يوضح الجدول رقم (٢) العلاقة بين شدة الزلازل وقوتها تبعاً للمسافة من مركز زلزال عمق بؤرته ٢٠ كم من سطح الأرض ، هذا دون الأخذ فى الإعتبار نوعية وطبيعة الصخور التى تنتشر فيها الموجات الزلزالية والتراكيب الجيولوجية السائدة. وتنقسم الزلازل حسب قوتها (بالدرجات على مقياس ريختر) وشدتها (على مقياس شدة الزلازل) إلى خمس رتب يوضحها الجدول رقم (٣) .

جدول رقم (٢)

العلاقة التقريبية بين شدة الزلازل وقوتها

تبعاً للمسافة من مركز زلزال عمق بؤرته ٢٠ كم من سطح الأرض

القوة	٣	٤	٥	٥.٥	٦	٦.٥	٧
المسافة (كم)	الشدة						
١٠	٤-٣	٥-٤	٦	٧	٨	٩	١٠
٢٠	٣	٤	٦-٥	٧-٦	٨-٧	٨	١٠-٩
٣٠	-	٣	٥-٤	٦	٧	٨-٧	٩
٤٠	-	-	٥	٧-٥	٧-٦	٧	٩-٨
٥٠	-	-	٤	٥-٤	٦	٧-٦	٨
١٠٠	-	-	٤-٣	٤	٥	٦	٧
١٥٠	-	-	٣	٤-٣	٤	٥	٧-٦
٢٠٠	-	-	-	٣	٤-٣	٥-٤	٦
٣٠٠	-	-	-	٣-٢	٣	٤	٦-٥
٤٠٠	-	-	-	-	٢	٤-٣	٥
٥٠٠	-	-	-	-	-	٣	٤
٦٠٠	-	-	-	-	-	٢	٣
٧٠٠	-	-	-	-	-	-	٢

جدول رقم (٣) رتب الزلازل

وصف الزلزال	شدة الزلزال	مقدار الزلزال	العدد السنوي التقريبي	الطاقة المتحررة من الزلزال بالإرج
كارثى	١١-١٢	٨	١	$١٠^{٢٥}$ =١٠٠ مليون طن ت.ن.ت
شديد التدمير	٩-١١	٧-٧,٩	١٠	$١٠^{٢٣}$ = مليون طن ت.ن.ت
مدمر	٧-٩	٦-٦,٩	١٠٠	$١٠^{٢١}$ = عشرة الآف طن ت.ن.ت
مخرب	٦-٧	٥-٥,٩	١٠٠٠	$١٠^{١٩}$ = مائة طن ت.ن.ت
متوسط	٥-٦	٤-٤,٩	١٠٠٠٠	$١٠^{١٧}$ = طن ت.ن.ت
ضعيف	٤-٥	٣-٣,٩	١٠٠٠٠٠	$١٠^{١٥}$ = ٨٥٠ كجم ت.ن.ت

٧- الهزات السابقة للزلازل والهزات اللآحقة لها وأنواع الزلازل :

قد يسبق وقوع الهزة الرئيسية للزلازل الكبيرة بفترات متفاوتة ما بين زلزال وآخر وقوع هزات أو زلازل صغيرة. وعادة ما يتبع الهزة الرئيسية للزلازل هزات أصغر فى المقدار تستمر عدة أيام أو أسابيع وأحياناً عدة شهور أو سنوات وتعرف بالتوابع . وتحدث التوابع نتيجة عمليات إعادة وضع الصخور المتصدعة والمنزلقة الى حالة تكون فيها أكثر إستقرار.وتوابع الزلازل عادة أضعف من الزلزال الرئيسى. وقد يصل عدد توابع الزلزال الرئيسى فى بعض الحالات إلى بضعة مئآت.

وقد تم تصنيف الزلازل الى عدة أنواع تبعاً لتوقيت حدوث الزلزال الرئيسى فى سلسة الزلازل التى تحدث فى منطقة ما :

زلزال فجائى : حيث يبدأ النشاط الزلزالى بوقوع هزة فجائية (الزلزال الرئيسى) دون أن يسبقه أو يتبعه أية هزات.

زلزال فجائى متبوع : حيث تحدث هزة فجائية (الزلزال الرئيسى) الغير مسبوقة بأية هزات لكن يتبعها عدد من الهزات الأقل فى القوة والتى تستمر لفترات مختلفة تبعاً لطبيعة الزلزال الرئيسى والمنطقة التى يحدث بها .

زلزال مسبوق بمقدمات ومتبوع : حيث يحدث عدد من الزلازل الضعيفة يليها الزلزال الرئيس (هزة كبيرة) ويتبعه عدد من التوابع التى تستمر لأيام أو أسابيع أو شهور .

زلازل متقاربة القوة : حيث تحدث مجموعة من الزلازل المتقاربة القوة يصعب معها التعرف على الزلزال الرئيسى ويطلق عليها " حشد زلزالى " .

٨ - الدورة الزلزالية :

تقع بعض الزلازل فى بعض المناطق بصورة تكرارية معينة دعت إلى الإعتقاد بدورة الزلازل ، خاصة منها الزلازل الضحلة التى تقع بسبب تحركات الصخور على جانبى الصدوع والفوالق ، حيث تختزن الصدوع طاقة الاجهاد التى تتعرض لها إلى حد معين لا يتعدى مقاومة هذه الصخور للإنهيار ، تنهار بعدها هذه الصخور وتتحرك على الصدوع مما يؤدى إلى إنطلاق طاقة الإجهاد المخزونة على هيئة موجات تذبذبية محدثة للزلازل . ومع كل تجمع جديد للطاقة يتكرر حدوث الزلازل على هذه الصدوع .

مخاطر الزلازل

تعد الزلازل واحدة من الأخطار الطبيعية ، وتسبب الزلازل الكبيرة خسائر فادحة فى الأرواح والممتلكات .

وتتحصر مخاطر الزلازل فيما يلى :

١) إهتزاز سطح الأرض.

٢) خسف أو رفع مناطق من سطح الأرض.
٣) تشقق سطح الأرض.
٤) الإنهيارات الأرضية.
٥) الطوفانات البحرية الزلزالية.
٦) الحرائق .

وفيما يلى وصفا لكل من هذه المخاطر :

إهتزاز سطح الأرض:

تحدث أكبر الخسائر فى المبانى والمنشآت بفعل إهتزاز سطح الأرض الناتج عن مرور الموجات الزلزالية فيها . ويؤدى إهتزاز سطح الأرض إلى إنهيار الوشاح الصخرى وإنهيار المنشآت المقامة فوقه إنهياراً جزئياً أو تاما. ومع أن التصميمات الجيدة للمبانى والمنشآت فى المناطق الزلزالية تمنع هذه الكوارث إلا أنه فى حالة الزلازل القوية لا يوجد تصميم إنشائى يكون آمنا تماما .

وتتوقف شدة إهتزاز سطح الأرض على الطاقة الذبذبية المنطلقة من بؤرة الزلزال، وخواص الصخور التى تمر فيها هذه الموجات الزلزالية ، ونوع التراكيب الجيولوجية ، وعمق بؤر الزلازل ، وطبوغرافية سطح الأرض . وتتوقف المساحة التى تتعرض للدمار بفعل الهزات الزلزالية على إتجاه سريان تمزق الصخور ، حيث تكون الموجات الزلزالية شديدة فى إتجاه تمزق الصخور على الصدوع .

ويمكن حصر فعل الموجات الزلزالية فى سطح الأرض وما عليها من مبانى ومنشآت فيما يلى :

١) تعمل الموجات الزلزالية الأولية على تضاغط وتخلخل جزيئات الصخور التى تمر فيها بصورة متتابعة فى نفس اتجاه سريان الموجه مما يضعف من تماسك تلك الصخور .

٢) نظراً لما للموجات الثانوية من سعات وفترات موجية أكبر من الموجات الأولية فان الموجات الثانوية تعمل على زحزحة حبيبات التربة فى اتجاه

عمودى على إتجاه سريانها، ويؤدى ذلك الى تدمير المبانى والمنشآت على سطح الأرض خاصة منها المبانى القديمة والتى لا يراعى فى تصميمها وتنفيذها إحتياطات الأمان الزلزالى .

٣) فى حالة الزلازل الضحلة (ذات البؤر القريبة من سطح الأرض) تصل الموجات الأولية والثانوية سطح الأرض وهى غاية فى القوة فتهز سطح الأرض هزا عنيفا فى الاتجاهين الرأسى والأفقى لذا تلقى الأرض ما عليها من مبانى ومنشآت وأشجار وبشر .

٤) تعمل الموجات السطحية على هزحبيبات التربة أفقياً وبيضاوياً .ويكون تأثيرها على سطح الأرض قليل نسبياً فى حالة الزلازل الضعيفة، أما فى حالة الزلازل القوية فإن هذه الموجات تسبب دماراً كبيراً فى مناطق تبعد مئات الكيلو مترات عن المركز السطحى للزلزال. وتؤدى هذه الموجات إلى حدوث ميول وإعوجاج فى المبانى العالية كالأبراج وتسبب الإنزلاقات الأرضية بأنواعها ، كما تؤدى الى تموج أسطح البحار والبحيرات والآبار .

٥) تكون الخسائر فى المبانى والمنشآت ، خاصة الأبراج العالية كبيرة إذا ما تداخلت الترددات الطبيعية للموجات مع التردد الطبيعى للتربة المقامة عليها والتردد الطبيعى للمبانى والمنشآت . ويقل الدمار كلما قل تداخل هذه الموجات .

٦) تتبدد طاقة الموجات الزلزالية بإنتشارها فى الصخور وتضعف بالبعد عن مصدرها .

٧) تتوقف الآثار التدميرية للهزات الزلزالية على سعة الهزات وتكرارها وإستدامتها ، وتزيد شدة الدمار مع زيادة سعة الموجات الزلزالية . وتزيد سعة الموجات الزلزالية فى المناطق الرخوة كالرمال والتربة الطينية .وتزداد الخسائر الناجمة عن الهزات الأرضية كلما طال أمد الهزات .

خسف ورفع الأرض :

قد تسبب الزلازل الكبيرة رفع أو خسف مناطق من سطح الأرض ، وقد

يحدث الهبوط أو الرفع لسطح الأرض فى مساحات تتراوح بين عدة أمتار مربعة وحتى مئات الكيلومترات .

تشقق سطح الأرض :

تعد الصدوع وما تسببه من تشققات لسطح الأرض من أكبر المخاطر الزلزالية المدمرة للمباني والمنشآت وخطوط السكك الحديدية وأنابيب المياه والصرف الصحي المدفونة تحت سطح الأرض .

الإنهيارت الأرضية :

قد تسبب الزلازل وقوع الانزلاقات الأرضية فى مساحات واسعة وبخاصة فى المناطق الجبلية . كما تقع إنهيارات للسفوح حيث تندفع الصخور المنزلقة إلى أسفل بفعل الجاذبية الأرضية . وتمثل هذه الحالات خطورة كبيرة على التجمعات السكنية التى تقام عادة فوق قمم الجبال أو سفوحها .

سيولة أو إماعة التربة :

يقصد بسيولة أو إماعة التربة جعلها تسلك مسلك الموائع عندما تسرى فيها الموجات الزلزالية ، ومن ثم تحدث أضراراً فادحة فى المبانى والمنشآت المقامة عليها نتيجة تشوه هذه التربة . وتحدث معظم الأضرار الناجمة عن سيولة التربة بسبب الإزاحات الأفقية والرأسية فى أرضية وأساسات المبانى فتتعرض لأضرار جسيمه ، وتتلف خطوط أنابيب مياه الشرب والصرف الصحى المدفون تحت سطح الأرض . وإذا ما كانت المنشآت قديمة أو رديئة التصميم والتنفيذ فإن الدمار يكون شديداً للغاية .

ومن الظواهر الزلزالية التى تحدث فى الأرض الرملية عند تعرضها للهزات الأرضية حدوث ما يسمى بالبثور الرملية على شكل حفر بيضاوية أو دائرية وإندفاع الطين من تلك الحفر فيما يعرف ببراكين الطين (شكل

رقم ٦) . كما أنه إذا حدثت الإسالة فى طبقة طينية تعلوها طبقة أكثر صلابة فإن الطبقة الصلبة تنكسر إلى قطع يميل بعضها ويرتفع أو ينخفض بعضها الآخر، الأمر الذى يسبب أضرار فادحة فى المباني والمنشآت المقامة فوق هذه الطبقات.



شكل رقم (٦)

براكين الطين

طبقة طينية تعلوها طبقة أكثر صلابة فإن الطبقة الصلبة تتكسر إلى قطع يميل بعضها ويرتفع أو ينخفض بعضها الآخر، الأمر الذى يسبب أضرار فادحة فى المباني والمنشآت المقامة فوق هذه الطبقات.

الطوفان البحري الزلزالي (السنامي) :

تقع بؤر كثير من الزلازل تحت قيعان البحار والمحيطات والبحيرات ، وتنطلق من هذه البؤر موجات زلزالية تسري فى صخور قاع المحيط وتخترق المياه حتى تصل إلى سطح الماء محدثة زلزلة بحرية ، ومن ثم تتحرك كتل ضخمة من المياه محدثة موجات سنامية فى سطح الماء ، وهى سلسة من الموجات الطويلة العاتية . وتسرى الموجات السنامية بسرعة عالية وتغطى مساحات شاسعة من سطح الماء، وعندما تقترب من الشواطئ حيث المياه الضحلة والعديد من الحواجز الطبيعة تصطدم بها محدثة دماراً شديداً . كما تسحب هذه الموجات السفن من الشاطىء إلى عرض البحر أو المحيط وتغرقها ، بعد أن تكون قد دمرت المدن الساحلية وجرفت ما تبقى منها إلى عرض البحر .

الحرائق :

تعد الحرائق الناتجة عن الزلازل من المخاطر الزلزالية التى قد تفوق فى خطورتها ودمارها الدمار الناشئ عن تحرك صخور القشرة الأرضية . فتحرك الأرض يحرك المواقد ويحطم أنابيب الغاز ويقطع أو يرخى أسلاك الكهرباء ، ومن ثم تنشب الحرائق ويزداد إشتعالها ويسبب تحطم خطوط المياه الرئيسية السيطرة عليها وصعوبة إطفائها .

تأثير التربة على موجات الزلازل :

لعمق الزلزال دور كبير فى الآثار التدميرية على التربة والمنشآت المقامة عليها . وقد توصل العلماء إلى أن التربة الطينية والرمال ورواسب الوديان

تقوم بتكبير موجات الزلازل التى تمر فيها، ومن ثم تحدث هذه الموجات أضراراً كبيرة بالمبانى والمنشآت المقامة عليها . أما الصخور الصلبة فإنها تقلل أو تضعف من شدة الهزات الزلزالية ومن ثم تقل الخسائر على المبانى والمنشآت المقامة عليها .

ومن دراسة العديد من ظواهر الزلازل وجد أيضاً أن التربه الطينية تكبر الهزات الزلزالية التى تمر فيها وتتعرض للإماعة ، خصوصاً إذا ما كانت مشبعة بالماء ، ومن ثم تتشوه هذه التربه بالهبوط أو الزحف فتتشوه بالتالى المبانى والمنشآت المقامة عليها .. أما الصخور الصلبة فانها تضعف الموجات الزلزالية التى تمر فيها وبالتالى لا تتعرض المبانى والمنشآت المقامة عليها إلا لقدر ضئيل من التشوه أو التدمير .

وفى حالة الزلازل الضحلة (ذات البؤر القريبة من سطح الأرض) فإن الموجات الأولية والثانوية تصل إلى سطح الأرض وهى قوية مما يؤدى إلى إهتزاز سطح الأرض بعنف وتلقى الأرض بما عليها من مبانى ومنشآت .





الفصل الثاني

أسباب حدوث الزلازل

أسباب حدوث الزلازل

الزلازل من أقدم الظواهر الطبيعية التى تؤثر على الأرض وما عليها من منشآت وتصيب البشرية بخسائر سنوية فى الأفراد والممتلكات . ولما كانت الزلازل تضرب كل بقاع الأرض وما عليها فقد تعددت الآراء والنظريات حول أسباب حدوثها ، وإختلفت هذه الآراء باختلاف الحضارات القديمة وفكر الحكماء والفلاسفة .

ظل الناس ردحاً طويلاً من الزمان على إمتداد القرون الماضية يعتقدون فى وجود كائن ما يعمل على حفظ توازن الأرض ، فإذا ما حدث أن أخذ هذا الكائن قسطاً من الراحة - ولو لفترة قصيرة - تهتز الأرض محدثة الزلازل . وقد اختلفت الاعتقادات حول ماهية هذا الكائن، فعلى سبيل المثال إعتقد اليابانيون القدماء أن هذا الكائن هو عنكبوت ضخم ؛ فى حين إعتقد سكان أمريكا الجنوبية أن هذا الكائن هو حوت كبير . وفى أمريكا الشمالية ساد الإعتقاد بأن الأرض موضوعة فوق ظهر مارد عظيم ... وإعتقد البعض أن الأرض محمولة على أحد قرني ثور ضخم ... الخ . وتعني كل هذه المعتقدات أن الأرض تتحرك عند حدوث الزلازل كوحدة واحدة ... وهو ما يخالف الواقع .

وفى بعض المعتقدات الدينية كالبوذية والمغولية ، أن الله بعد أن خلق الأرض وضعها على ظهر ضفدع كبير (شكل رقم ٧) ، وأن هذا الضفدع يضرب الأرض ، من حين لآخر برأسه أو بأحد قدميه محدثاً الزلازل . ولعل هذا الإعتقاد قد وضع لتفسير حدوث الزلازل فى منطقة ما من الأرض دون غيرها .

أيضاً كانت هناك الأساطير القديمة التى تشير إلى وجود إله للزلازل والبراكين مدفون فى باطن الأرض ، وأنه عند تحرك هذا الإله فى مرقدة

تهتز الأرض محدثة الزلازل. وقد اعتقد الرومان أن الزلازل هي عقاب من ربة الأرض للبشر لحفرهم باطن الأرض وأخذ كنوزها من الذهب والفضة والمعادن الأخرى .

وقد حاول أرسطو (٢٨٤ - ٣٢٢ قبل الميلاد) تفسير حدوث الزلازل والبراكين ، حيث إعتقد أن الهواء والغازات الموجودة فى كهوف جوف الأرض تسخن بفعل الحرارة والإحتكاك فتضطرب وتعمل على النفاذ من باطن الأرض محدثة الزلازل . وقد ربط أرسطو بين إندفاع هذه الرياح من الكهوف وتغيرات المناخ قبل حدوث الزلازل ، حيث أشار إلى أنه قبل حدوث الزلازل يكون الجو خانقاً رطباً وشديد الحرارة . وبسبب هذا الإعتقاد إستخدام البعض مصطلح " الطقس الزلزالي " لفترة غير بعيدة .



شكل رقم (٧)

أحد المعتقدات عن أسباب حدوث الزلازل

وقد حاول فلاسفة وعلماء الحضارات التالية شرح وتفسير رأى أرسطو ، حيث أدخل على فكرة أرسطو الكثير من التعديلات من أهمها ربط خروج الغازات بالنشاط البركانى فقط دون الزلازل وذلك حين أوضح راصدي الزلازل والبراكين فى منتصف القرن الثامن عشر من أن الزلازل المدمرة غالباً ما تحدث بعيداً عن مواقع البراكين... وأن الهزات البركانية تمثل فقط نسبة قليلة من الزلازل التى تحدث على الأرض.

إذا ما هي أسباب حدوث الزلازل ؟ ... هذا ما سنوضحه فيما يلى سرده من الأسباب .

تقسم الزلازل تبعا لأسباب حدوثها إلى نوعين رئيسيين أولهما الزلازل الطبيعية التى تحدث بسبب الإجهادات الواقعة على صخور باطن الأرض والزلازل التأثيرية التى تحدث نتيجة للأنشطة الإنسانية التى تؤدى إلى حدوث نشاط زلزالى .

وتحدث الزلازل الطبيعية نتيجة للإجهادات الواقعة على صخور باطن الأرض وعملها على تجميع طاقة عالية بهذه الصخور . وعندما يحدث عدم إتزان بين الطاقة المتجمعة وقدرة صخور باطن الأرض على تحمل هذه الإجهادات تتحرر الطاقة محدثة الموجات الزلزالية .

وتحدث الإجهادات فى صخور باطن الأرض لعدة أسباب منها :

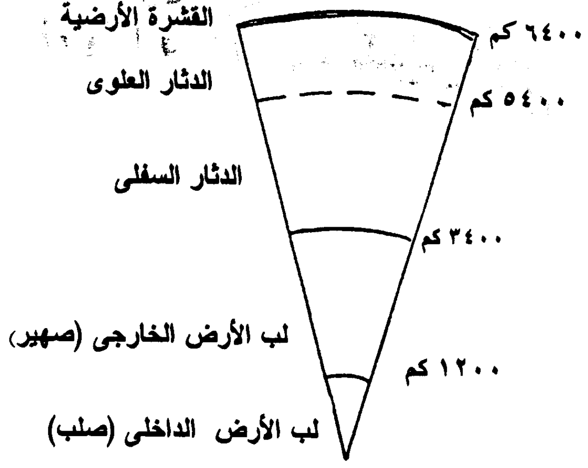
- التحركات التكتونية للألواح (الصفحات) المشكلة للأرض .
- عدم تجانس صخور باطن الأرض وقشرتها السطحية ووجود الصدوع النشطة بها .
- عدم إستقرار سلاسل الجبال خاصة منها سلاسل قيعان المحيطات وعمليات إتزانها البطيئة .
- وجود مناطق ضعف بالقشرة الأرضية .
- فوران البراكين .

وللتعـرف على العـمليـة الميكانيكيـة للأرض يلـزمنا التـعـرف على نشـأة الأرض ومكوناتها وطبيعتها . حيث كانت مكونات الأرض فى بدء تكونها من الأتربة والغازات المتداخلة المرتفعة الحرارة بسبب تصادمها المستمر وتحلل المواد المشـعـة المشكلة لمكوناتها . ثم بدأت البـرودة تسـرى فى هـذه المكونات حتى وصل السطح منها إلى درجة معينة من البرودة وبقى داخلها مرتفع الحـرارة نتـيـجـة للحـرارة المختـزنة الكامنة فى جـوف الأرض والعـمليـات الكيـميـائية فى باطنها وتحلل المواد المشعـة المكونة لباطن الأرض . وتصل درجـة حـرارة لب باطن الأرض حـوالى ٦٠٠٠ ٥ م أى ما يماثل حـرارة سطح الشمس .

وتعمل درجة الحرارة الهائلة فى باطن الأرض كعامل مساعد للعمليات الميكانيكيـة التى تحـدث داخل طبـقـات الأرض مـحـدثة الزلازل والطفـوح البركانية بالإضافة إلى الحركات البانية لسلاسل الجبال والحركات القارية وحـركة قـاع المحيطات . ولتـفهم فـعل هذه الحـرارة الأرضـيـة فى العـمليـة الميكانيكية للأرض دعنا نتحدث أولاً عن تركيب الأرض (الطبقات المشكلة لها) وطبيعة كل طبقة منها .

تركيب (طبقات) الأرض :

يمثل الشكل رقم (٨) والجدول رقم (٤) وصفا لطبقات الأرض التى يلزم التـعـرف عليـهـا لتـفـهم العـمليـات الميكانيكيـة للأرض والتـعـرف على أسباب حدوث الزلازل .





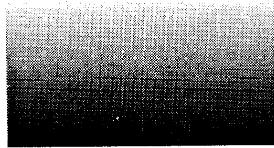
شكل رقم (٨)

تركيب طبقات الأرض

جدول رقم (٤)

طبقات الأرض

الطبقة		التركيب الصخري والمعدني	العمق	الخواص
قشرة الأرض	محيطية	بازلت	٤ -٧ كم	بارد - صلب - قوى
	قارية	جرانيت	٢٠ - ٧٠ كم	
الليثوسفير	تشمل قشرة الأرض والجزء العلوى من دثار الأرض.	متنوع التركيب	٧٥ - ١٢٠ كم	بارد - صلب - قوى
دثار الأرض	الدثار العلوى ويشمل جزء من الليثوسفير وطبقة الأثينوسفير.	يختلف التركيب المعدنى مع العمق	حتى ٣٥٠ كم	ساخن - لدن وضعيف، ١ - ٢% منها منصهر.
	باقى الدثار العلوي		من ٣٥٠ - ٦٦٠ كم	ساخن - قوى (تحت الضغوط المرتفعة)
	الدثار السفلي		من ٦٦٠ - ٢٩٠٠ كم	تركيب معدني صخري مختلف عن الدثار العلوي نتيجة للضغوط العالية.
لب الأرض	اللب الخارجي	حديد ونيكل	من ٢٩٠٠ - ٥١٥٠ كم	صهير
	اللب الداخلي		من ٥١٥٠ كم حتى مركز الأرض	صلب



١) القشـرة :

هـى الطبـقـة العليـا من سطح الأرض . وهـى أقلهـا سـمكاً كمـا أنـهـا باردة نسبياً وصـخورهـا صلبة وقوية . وتختلف قشـرة الأرض تحت المحيطات عنها أسـفل القـارات حيث يبلغ سـمك قشـرة الأرض المحـيطيـة مـا بين ٤-٧ كـيلو مـترات وتتكون من صـخـور البـازلت القـاتمة ذات الكثـافة العـاليـة. أمـا قشـرة الأرض القـارية فيصل سـمكهـا مـا بين ٢٠-٤٠ كيلو متـرا وتتكون مـن صـخـور أقل كثافة مثل الجرانيت . ويصل سمك قشرة الأرض أسفل سـلاسل الجبال القارية إلى حوالى ٧٠ كيلو مترا (شكل رقم ٨).

٢) الـدثار:

يلى دثار الأرض قـشـرة الأرض مـبـاشـرة ، ويصل سـمـك دثار الأرض حوالى ٢٩٠٠ كيلومـترا من قشرة الأرض الـرقيـقة حتى لب الأرض . وبشكل دثار الأرض الإمـتـداد الأعظم لبـاطن الأرض ، حـيـث يمثل دثار الأرض حوالى ٨٠ ٪ من حجم الأرض . والتـركيب الكيـميـائى لدثار الأرض متشـابه تقـريباً وفيه يـزداد مقـدار الضغط والحـرارة مع العمق. حيث تزداد الحـرارة نتيجة للتحلل الإشعاعى والتلامس مع لب الأرض . ويؤدى تزايد الحرارة مع العمـق إلى إختـلاف قـوة الصـخـور ووجود طبـقـات صخـرية متنوعـة بدثار الأرض، حيث يتكون دثار الأرض من: الدثار العلوى والدثار السفلى. ويتكون دثار الأرض العلوى من طبقتين رئيسيتين :

الليثوسفير : وتعنى الطبقة الصخرية ، وهى الطبقة العليا من دثار الأرض وهـى باردة نسبياً وصخورهـا صلبة وقوية . وتشبه فى سلوكها قشرة الأرض. ويضم الجـزء الخـارجى من الأرض كل من قشـرة الأرض والطبـقـة العليـا من دثار الأرض اللذان يشكلان مـعا طبـقـة الليثوسفير . ويختلف سـمكك طبقة الليثوسفير فيما بين ٧٥ كيلومترا تحت المحيطات الى ١٧٥ كيلو متـرا أسفل القارات (شكل رقم ٨).

الاثينوسفير : وتعنى الطبقة الضعيفة ، وهى الطبقة التى تلى الطبقة الصخرية الليثوسفير، وصخورها ضعيفة وذات طبيعة لدنه. ويحدث التغير فى خواص وطبيعة الصخور رأسيا على امتداد عدة كيلومترات فقط بسبب تغير الحرارة مع العمق . وبسبب إرتفاع درجة الحرارة

يحدث إنصهار لحوالى من ١-٢٪ من طبقة الأثينوسفير ، وتتغير طبيعة الصخور الصلبة نسبياً إلى طبقة لدنة ضعيفة . ويبلغ إمتداد طبقة الأثيتوسفير من قاعدة طبقة الليثوسفير التى تعلوها إلى عمق يصل إلى حوالى ٣٥٠ كيلومترا (شكل رقم ٨).

ويؤدى التزايد فى درجة الحرارة مع العمق الى وجود مناطق إنتقالية فيما بين الصخور الصلبة القوية لطبقة الليثوسفير وصخور طبقة الأثينوسفير الهشة ، لذا فان صخور طبقة الليثوسسفير غير مدعمة بصخور طبقة الأثينوسفير أسفلها ، حيث تطفو صخور طبقة الليثوسسفير الصلبة القوية على صخور طبقة الأثينوسفير الهشة الضعيفة . وسوف توضح هذه الظاهرة الطبيعية العمليات التكتونية التى تحدث داخل الأرض.

٣) اللب :

لب الأرض هو الطبقة الداخلية من طبقات الأرض. وتشكل كرة قطرها حوالي ٣٤٧٠ كيلومترا وتتكون من الحديد والنيكل. واللب الخارجي للأرض منصهر بسبب درجات الحرارة العالية والتى تبلغ حوالي ٦٠٠٠ ٥ م والضغوط العالية التى تصل إلى أكثر من مليون مرة من الضغط الجوى عند مستوى سطح البحر . ويتميز اللب الداخلي للأرض بالصلابة على الرغم من حرارته المرتفعة عن لب الأرض الخارجي المنصهر وذلك بسبب الضغط العالي جداً المؤثر عليه .

الحركة الميكانيكية للأرض :

لتفهم تأثير حرارة باطن الأرض على العملية الميكانيكية لها فانه يلزمنا إيضاح الخواص الحرارية للأرض من سطحها حتى لبها . حيث أنه نتيجة لتسرب جزء من حرارة الأرض خارج غلافها فان سطح الأرض يبرد ويفقد مرونته ويزداد قوة وصلابة ، لذا تتكون طبقة من الصخور الصلبة تصل فى سمكها إلى حوالي ١٠٠ كيلو متر من سطح الأرض . وتضم هذه الطبقة الأجزاء القارية وقيعان المحيطات والطبقة العليا من دثار الأرض . ونظراً للحرارة العالية للب الأرض الخارجي ، فإن الصخور الحارة العميقة تتمدد وتطفو وترتفع ببطء لأعلى تجاه السطح وبمعدل يبلغ عدة سنتيمترات فى العام ناقلة معها كمية كبيرة من الحرارة تجاه سطح الأرض (شكل رقم ٩). ويؤدى تحرك الصخور الحارة وفقدها لحرارتها إلى ما يشبه تيارات الحمل وتشكل سطح الأرض إلى وحدات صخرية كبيرة تمتد من سطح الأرض حتى لبها . وتمثل كل منها وحدة حرارية تعمل على إنسياب الحرارة والصخور من الدثار العلوي العميق تجاه سطح الأرض . كما تؤدى التيارات الدوامية إلى إنزلاق الأسطح الأفقية للأرض - القارية منها والمحيطية - أفقيا بمعدلات تصل من ١-١٦ سنتمترا فى العام . وتسمى الطبقة العليا السميكة من هذه الوحدات الصخرية (١٠٠ كم) والمشكلة لسطح الأرض فى المناطق القارية والمحيطية بالصفائح أو الألواح التكتونية (شكل رقم١٠). وتؤدى حركة هذه الصفائح إلى تكون القارات وسلاسل الجبال وقيعان المحيطات، كما تؤدى الحركات التكتونية إلى حدوث الزلازل والطفوح البركانية .

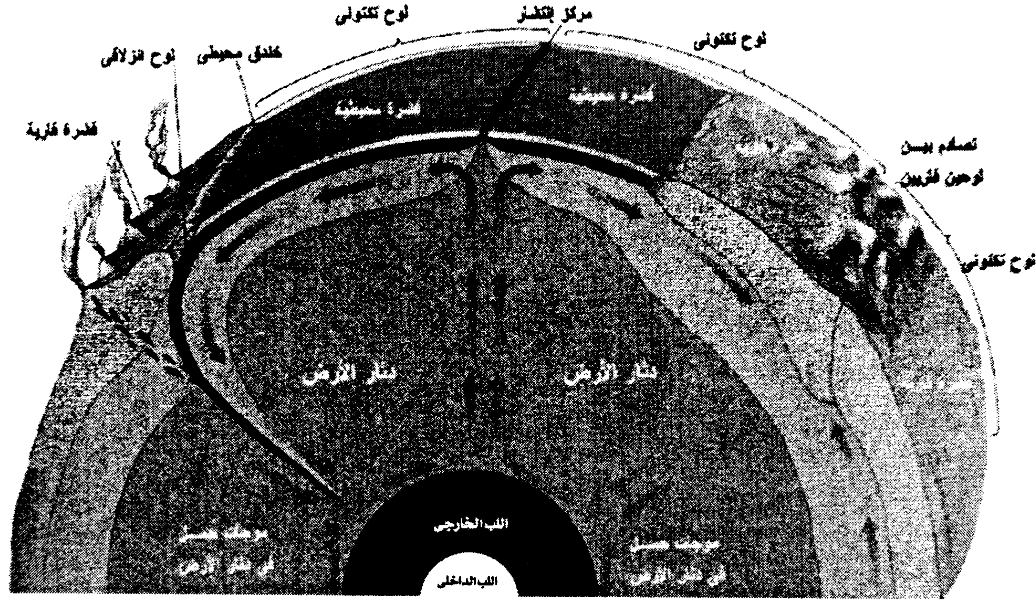
أولا : الزلازل الطبيعية :

تعرف الجيولوجيون فى الماضى من أن الزلازل تحدث عادة فى بعض المناطق ولا تحدث فى بعضها الآخر . وقد ربط العلماء فى دراساتهم

الحديثة بين الزلازل والتراكيب الجيولوجية على سطح الأرض ، حيث لوحظ وجود علاقة قوية بين خريطة النشاط الزلزالى على إمتداد الكرة الأرضية والخريطة التكتونية . وقد أوضحت الدراسات الجيولوجية الحديثة أن معظم الزلازل تحدث على إمتداد الفواصل بين الوحدات الصخرية المشكلة لسطح الأرض (الألواح التكتونية) ومناطق الجبال العملاقة والصدوع النشطة . وأيضاً إرتباط النشاط الزلزالى بمناطق معينة فى قيعان المحيطات مثل الأغوار والخنادق المحيطية وسلاسل جبال أواسط المحيطات . لذا بدأ العديد من العلماء يعتقد فى الربط بين النشاط الزلزالى وتحركات صخور باطن الأرض وقشرتها السطحية ، وكون تصدع الصخور وطيها وإنفتاح أحواض البحار والمحيطات .. الخ هى الأسباب الحقيقية لحدوث الزلازل .

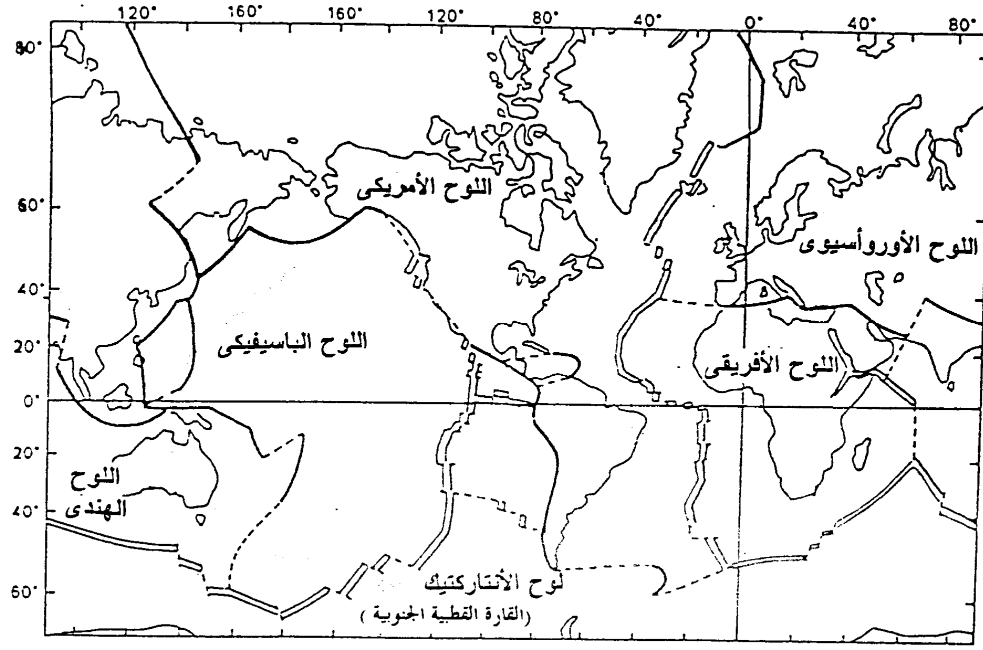
وقد إتفق العلماء فيما بينهم على أن النشاط الزلزالى يحدث نتيجة لبعض العمليات الجيولوجية فى باطن الأرض ... التى من أهمها تحرك الكتل الضخمة المشكلة لقشرة الأرض، والتى ينتج عنها تشكل سطح الأرض وتكون الصدوع التى تفصل بين تلك الكتل الضخمة . كما يرى العلماء أنه نتيجة لهذه التحركات فإن صخور باطن الأرض تختزن الإجهادات الواقعة عليها إلى حد ما فى صورة طاقة ، بعده تنهار هذه الصخور فجأة وتنطلق الطاقة المخزونة على هيئة موجات ذبذبية تهز الأرض وتزلزلها . ويحدث ذلك فجأة دون سابق إنذار مما يشكل أحد المخاطر الرئيسية للزلازل .

ولتفسير العديد من الظواهر الجيولوجية وعلى رأسها حدوث الزلازل والبراكين فإنه يلزم التعرف على النظام البنائي (اللوحي) لباطن الأرض وقشرتها الخارجية ونظرية إنجراف وزحف القارات .



شكل رقم (٩)

تأثير حرارة باطن الأرض على العملية الميكانيكية للقشرة الأرضية والليثوسفير



شكل رقم (١٠)

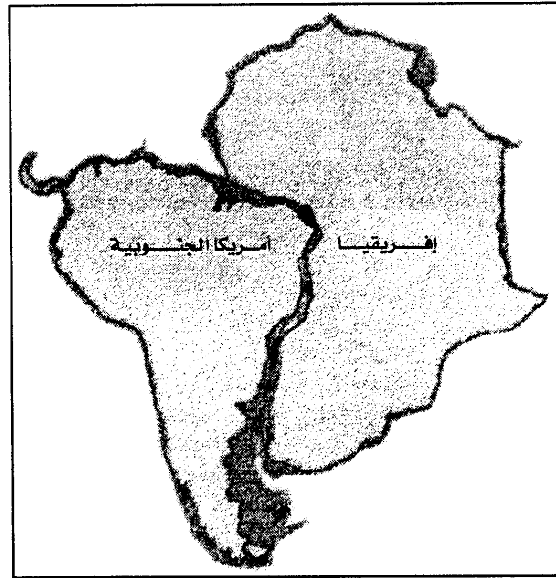
الألواح التكتونية الكبيرة المُشكلة للقشرة الأرضية والليثوسفير

التزحزح القارى :

يعزى الرأى الأول عن تحرك سطح الأرض إلى فرانسيس بيكون (١٦٢٠) يليه أنطونيو بللجرينى (١٨٥٨) فيما كتباه عن تشابه حدود كل من شرق أمريكا الجنوبية وغرب إفريقيا (شكل رقم ١١) . وقد إعتقد بللجرينى أنه نتيجة لحدوث كارثة أرضية إنقسمت الكتلة المكونة للقارتين وتباعدتا لتكون كل منهما كتلة أرضية منفصلة . تلاهما تيلور (١٩١٠) الذى إعتقد أن سلاسل الجبال العالية على الكرة الأرضية قد تكونت بسبب ضغوط جانبيه أدت إلى زحف بطىء ساعد على تكون هذه الجبال .

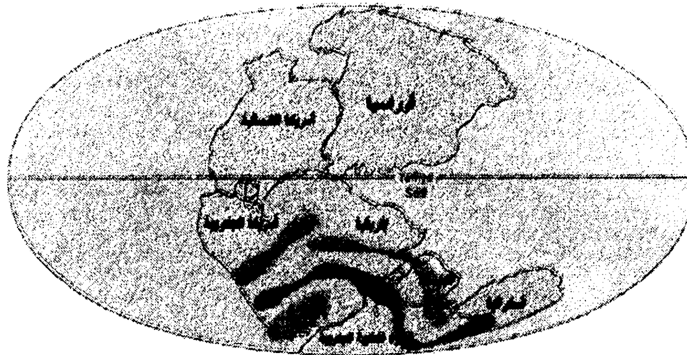
وقد ساد الإعتقاد فيما بعد بأن سطح الأرض فى الزمن البعيد لم يكن على الصورة التى نعرفها حالياً ، إنما كانت كل القارات تكون كتلة واحدة لقارة عملاقة تفلقت أجزاؤها وتباعدت عن بعضها البعض لتكون القارات الحالية .

وترجع نظرية زحف وإنجراف القارات (التزحزح القاري) إلى العالم الألمانى فاجنر (١٩١٠) الذى نشر كتابا عن " أصل القارات والمحيطات " ، إفترض فيه وجود قارة عملاقة تتكون من كتله يابسة واحدة أسماها " قارة بانجايا " (شكل رقم ١٢) . وسمي الجزء الشمالي منها " لوراسيا " والجزء الجنوبى " جندوانا " . وأن هذه القارة تفلقت وزحفت أجزاؤها بعيداً عن بعضها البعض وفى إتجاهات مختلفة عبر العصور الجيولوجية لتكون التوزيع الحالي لليابسة والبحار والمحيطات (شكل رقم ١٣) . وقد دلل فاجنر على صحة نظريته بالتشابه الكبير فى شكل شواطىء القارات على جانبى المحيط الأطلنطى خاصة الشاطىء الشرقي لأمريكا الجنوبية والشاطىء الغربي لإفريقيا ، وأيضاً التشابه الجيولوجي والأحفورى بين هذه القارات .

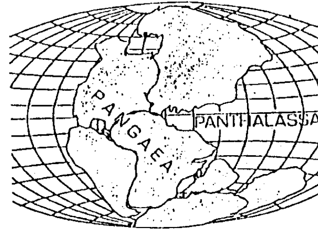


شكل رقم (١١)

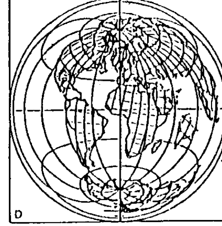
يوضح التوافق بين الشاطئ الغربى لإفريقيا
والشاطئ الشرقى لأمريكا الجنوبية



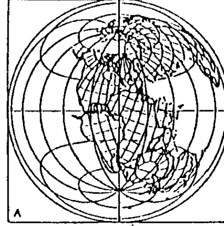
شكل رقم (١٢) : قارة بانجايا



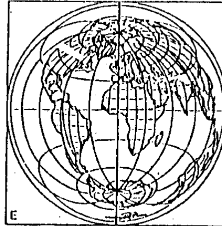
توزيع القارات منذ ٢٥٠ مليون سنة (البرمى الأخير)



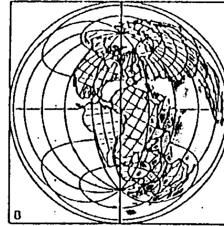
٦٠مليون سنة (الباليوسين)



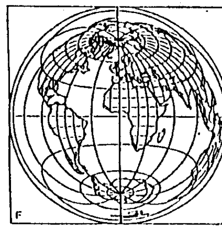
٢٠٠ مليون سنة (الترياسى الأخير)



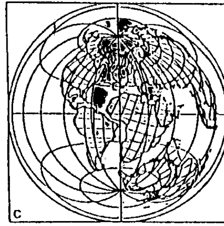
٢٠ مليون سنة (الميوسين)



١٤٠ مليون سنة (الجوراسى الأخير)



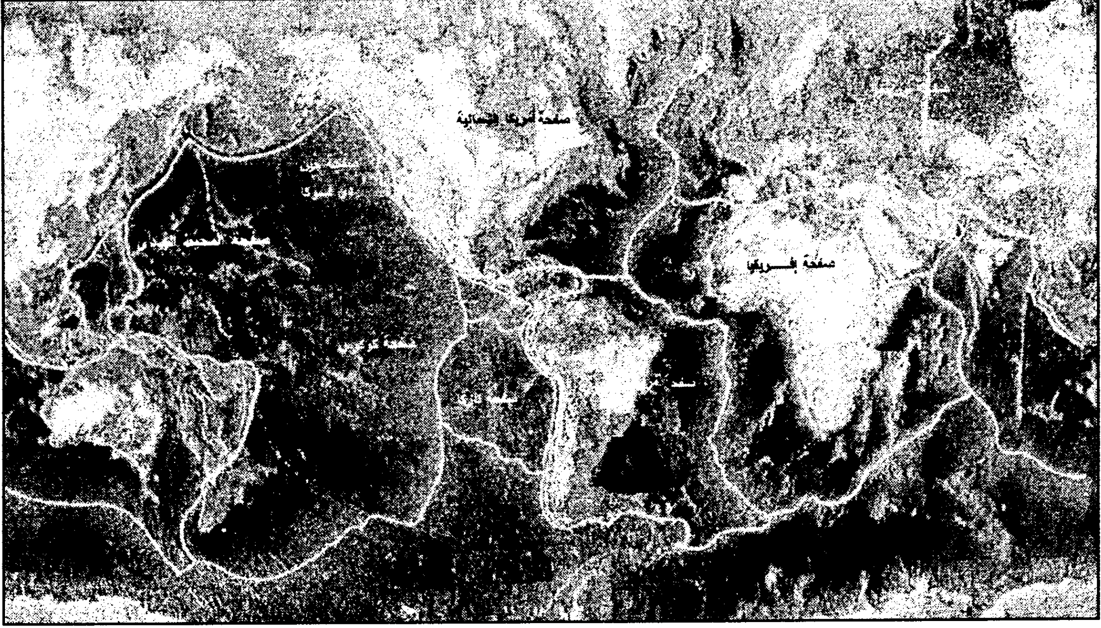
التوزيع الحالي للقارات



(١٠٠ مليون سنة (الكريتاسى المتوسط)

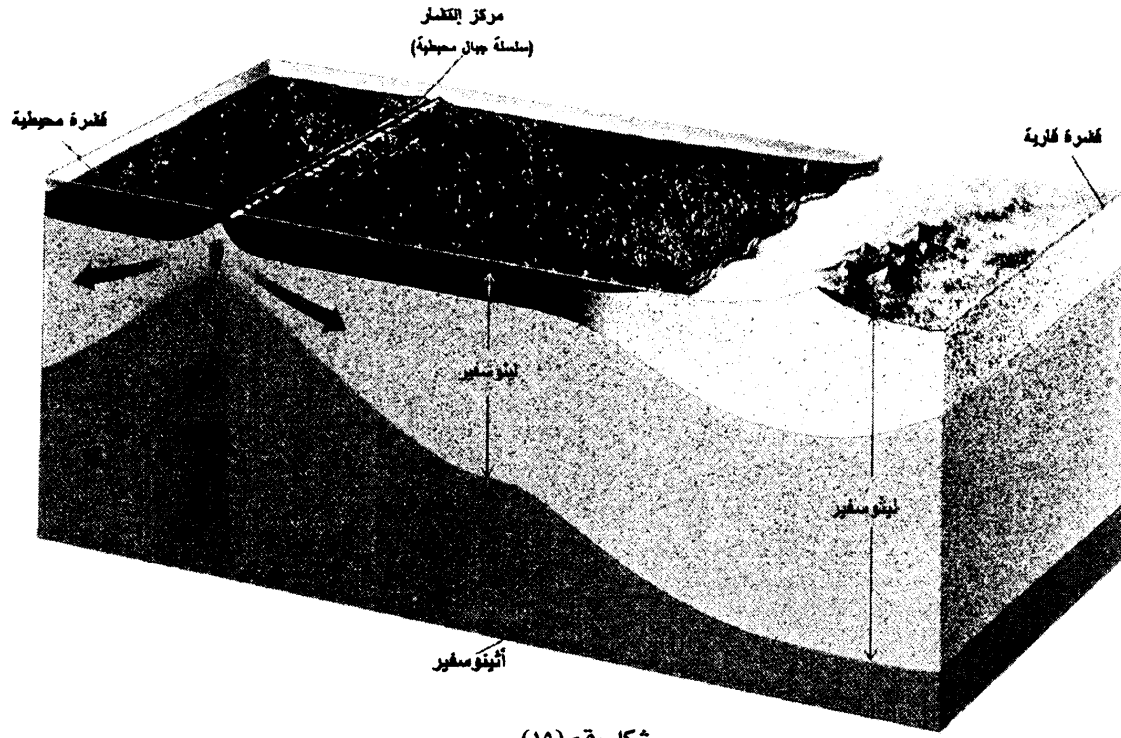
شكل رقم (١٣)

توزيع القارات خلال العصور الچيولوچية حتى العصر الحديث



شكل رقم (١٤)

تضاريس قيعان المحيطات وحدود الألواح التكتونية



شكل رقم (١٥)

تضاريس قيعان المحيطات وحدود الألواح التكتونية

وقد قوبلت نظرية فاجنر بمعارضة شديدة وقت نشرها ، وظل تصور فاجنر مرفوضاً من العلماء عدا عدد قليل منهم حتى ما بعد عام ١٩٥٠ عندما أوضحت دراسات المغناطيسية القديمة ودراسة قيعان المحيطات صحة الرأى القائل بالتزحزح القارى وحركة الألواح التكتونية .

وقد كان الظن فيما مضى أن قيعان المحيطات عبارة عن سهول منبسطة التضاريس إلى أن بدأت رحلات إستكشاف قيعان المحيطات وإستخدام صدى الصوت لدراستها ، حيث تبين وجود جبال وعرة التضاريس وقيعان وخنادق وأغوار . أيضاً تم دراسة قاع المحيطات من خلال حفر الآبار والحصول على عينات صخرية من قاع المحيطات . وقد أدت هذه الدراسات مجتمعه إلى التوصل إلى نتائج تدل على وجود أطول سلسلة جبال أرضية وسط قيعان المحيطات (شكل رقم ١٤) ، وهى جبال عالية وعرة يطلق عليها " مرتفعات أواسط قيعان المحيطات " (شكل رقم ١٥) . وتبرز أيضاً بعض قمم هذه الجبال فى أواسط المحيطات مكونة الجزر فوق سطح المحيط .

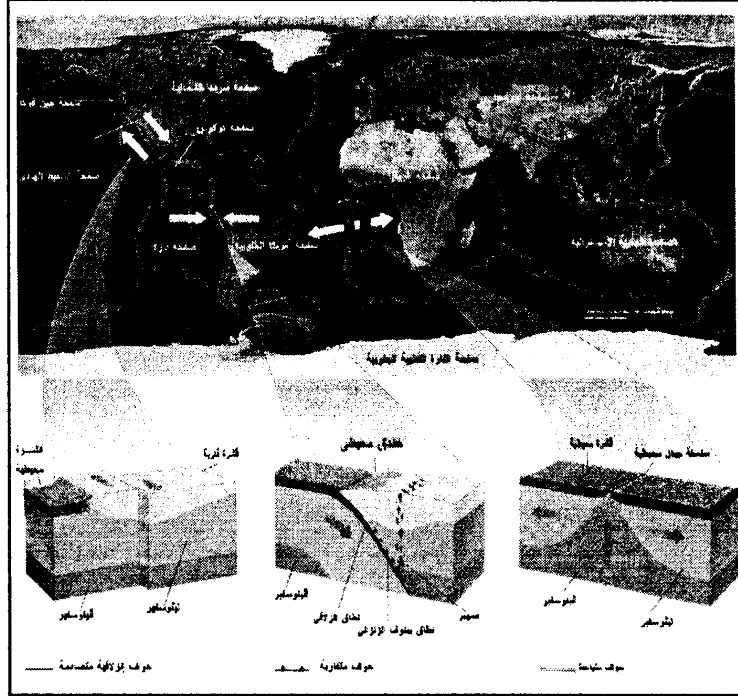
وتشير نظرية البناء اللوحى للأرض أن طبقة الليثوسفير وهى الطبقة الخارجية الصلبة القوية والغير متجانسة من الأرض تطفو على صخور طبقة الأثينوسفير المتجانسة ذات الخاصية اللدنه والمتأثرة بالتيارات الدوامية الصاعدة التى يصاحب إنسيابها إنتقال حرارى عال وضغطاً مرتفعا . كما أنه لا يوجد حد فاصل بين طبقتى الليثوسفير والأثينوسفير حيث أن النطاق الواقع بينهما يمثل منطقة إنتقالية فى تغير مستمر وتداخل فيما بينهما (الأشكال أرقام ٨ ، ٩ ، ١٥).

وفى مناطق سلاسل جبال وأخاديد أواسط المحيطات ينمو الليثوسفير على حساب الأثينوسفير ، حيث تتكون طبقات جديدة لليثوسفير نتيجة صعود مواد الاثينوسفير المصهورة بفعل تيارات الحمل وإنتشارها على

جانبى قمم سلاسل جبال أواسط المحيطات المتصدعة (شكل رقم ٩). ومع وصول مواد جديدة من الأثينوسفير ونمو الليثوسفير فإن قاع المحيط يتمدد وينتشر بعيداً على جانبى صدوع قمم سلاسل الجبال المحيطية . كما تنتشر الشقوق فى قاع المحيط بسبب إنتشار وتمدد قاع المحيط . أما بالقرب من القارات فإن الليثوسفير يستمر فى الزحف الجانبى مكوناً شرائح منغمسة تنحدر لأسفل تجاه الأثينوسفير. وبحدوث هذا الإنغماس التدريجى لليثوسفير يبدأ سخونة صخوره وذوبانها فى طبقة الأثينوسفير (شكل رقم ١٦) . لذا فإن كل من الليثوسفير والأثينوسفير يلعباً دوراً هاماً فى حركة الألواح التكتونية وتزحزح القارات . حيث أن طبقة الليثوسفير قد تجزأت إلى ستة أجزاء كبيرة وعدة أجزاء صغيرة تسمى بالألواح (الصفائح) التكتونية (التركيبية) للأرض (الأشكال أرقام ١٠ ، ١٦) . وأن هذه الألواح التكتونية تتحرك ببطء على طبقة الأثينوسفير وبمعدل يتراوح فيما بين ١ - ١٦ سنتمتير فى العام . وتشكل القارات وقيعان المحيطات الجزء الأعلى من هذه الألواح (الصفائح) وتؤدى حركة الليثوسفير إلى تزحزح القارات وحركة قيعان المحيطات . وتمثل الصدوع والفواصل الحدود بين الألواح التكتونية ، كما أن الألواح (الصفائح) المتجاورة فى حركة نسبية فيما بينها.

وبالإضافة إلى الأدلة الجيولوجية عن زحف القارات والتشابه الكبير بين شواطئها فقد دلت دراسات المغناطيسية القديمة على الصخور المكونة على جانبى سلاسل جبال أواسط المحيطات وجود تعاقب متماثل لمغناطيسية سالبة وأخرى موجبة . كما أوضحت هذه الدراسات ودراسات تحديد أعمار هذه الصخور وإتجاهات الطفوح الصخرية أن المجال المغناطيسى للأرض قد عكس قطبية مرة تقريباً كل مليون سنه خلال الأربعة ملايين سنة

الماضية . ومن دراسة تتابع الصخور على جانبى سلاسل جبال أواسط المحيطات ومغناطيسيتها ، وإكتشاف أن صخور الطفوح الحديثة تقع بالمركز وتتقادم الطفوح تدريجياً مع حدوث طفوح جديدة ، أمكن تعيين معدلات التزحزح القارى . وكما أن هناك جبالا شاهقة أواسط المحيطات فإن هناك أيضاً خنادق عميقة فى أطرافها ... وكلاهما مواقع للنشاط الزلزالى.



شكل رقم (١٦)

يوضح الدور الذى يلعبه الليثوسفير والأثينوسفير فى حركة الألواح التكتونية وتزحزح القارات

وقد مهدت الدراسات الخاصة بالتزحزح القارى إلى تطوير نظرية البناء اللوحى (الصفائحى) للأرض .

نظرية البناء اللوحى للأرض :

تنص نظرية البناء اللوحى للأرض على أن الجــزء العلوي من الأرض والمسمى بالليثوسفير يتشكل من كتل صخرية صلبة مختلفة الأشكال والأحجام يصل سمكها إلى حوالى ١٠٠ كم ، ويطلق عليها الألواح (الصفائح) . وتعلو هذه الألواح فوق طبقة الاثينوسفير اللدنه والمنصهرة جزئياً نتيجة لفعل الحرارة العالية لباطن الأرض. وتتميز كل كتلة من هذه الكتل بحركتها بالنسبة للكتل المجاورة لها . ويعتمد إتجاه حركتها على إتجاه الصدوع المحددة لها . وتعتبر الزلازل أحد النواتج الخطيرة لحركة الألواح التكتونية لحدوث إحتكاك على أسطح الصدوع المشكلة لها وما ينتج عنها من تجمع لطاقات الإجهاد . كما تعتبر البراكين أحد المظاهر الجيولوجية بهذه المناطق. وتقع الغالبية العظمى من الزلازل على حواف الألواح التكتونية . وهناك نسبة ضئيلة من الزلازل تقع داخل الألواح التكتونية ذاتها وبعيداً عن حواف تلك الألواح . ويكون النشاط الزلزالى داخل الألواح التكتونية مصاحباً للصدوع الناتجة عن الضغوط المؤثرة على الأجزاء العليا من القشرة الأرضية . وتحدث أغلب الزلازل فى صخور الليثوسفير .

ويوجد على سطح الأرض ستة صفائح (ألواح) عملاقة (الأشكال أرقام ١٠ ، ١٧) هى :

١- الصفحة الأفريقية .

٢- الصفحة الأورو آسيوية .

٣- الصفحة الأمريكية.

٤- صفحة المحيط الهادى.

٥- الصفحة الأسترالية الهندية .

٦- صفحة القارة القطبية الجنوبية .

كما يوجد عدد كبير من الصفائح (الألواح) الثانوية (شكل رقم ١٧) منها:

١- صفحة نازكا.

٢- صفحة الجزيرة العربية.

٣- الصفحة الإيرانية.

٤- الصفحة التركية (الأناضول).

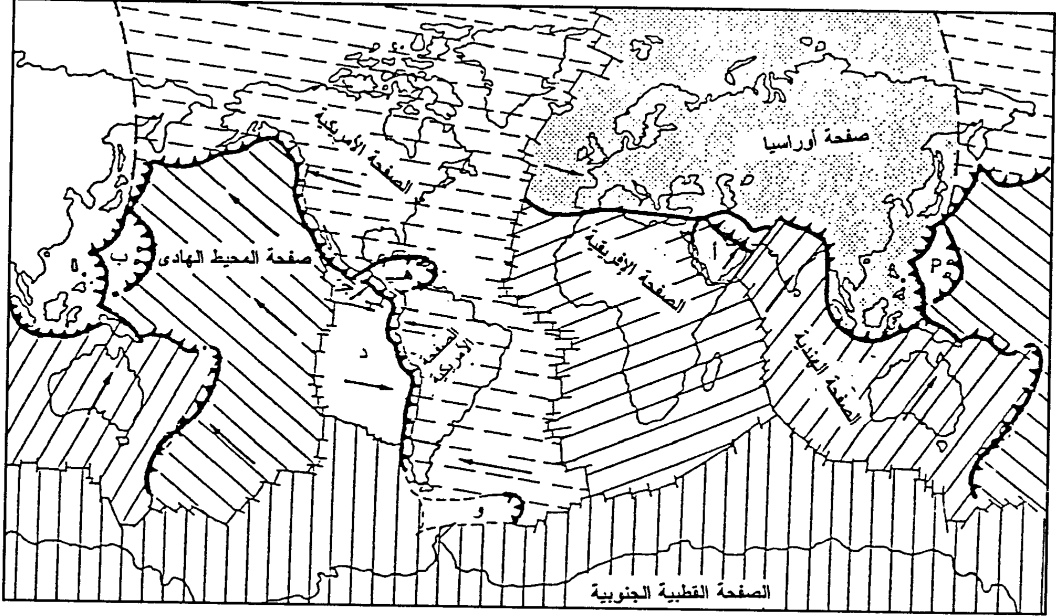
٥- صفحة سكوتيا.

٦- الصفحة الفلبينية.

٧- الصفحة الكاريبية .

٨- صفحة كوكوس.

ويتركز غالبية النشاط الزلزالى على الحدود المشكلة لهذه الألواح .



(أ) الصفحة العربية (ب) صفحة الفلبين (ج) صفحة كوكوس (د) صفحة نازكا (هـ) الصفحة الكاريبية (و) صحة سكوتيا

شكل رقم (١٧)

توزيع الألواح التكتونية الكبيرة والصغيرة المشكلة للقشرة الأرضية والليثوسفير

وتتلخص طبيعة الألواح (الصفائح) التكتونية فيما يلى :

- اللوح (الصفحة) التكتونية جزء من الليثوسفير يشمل الجزء العلوي من دثار الأرض وما يعلوه من القشرة الأرضية .

- يتكون اللوح (الصفحة) التكتونية من صخور صلبة قوية تطفو على طبقة الأثينوسفير الهشة اللدنة.

- اللوح (الصفحة) التكتونية الواحدة يمكن أن يشمل قشرة محيطية وقشرة قارية فى نفس الوقت . ويبلغ متوسط سمك الليثوسفير فى القشرة المحيطة حوالى ٧٥ كيلومترا بينما فى القشرة القارية يصل إلى حوالى ١٢٥ كيلومترا.

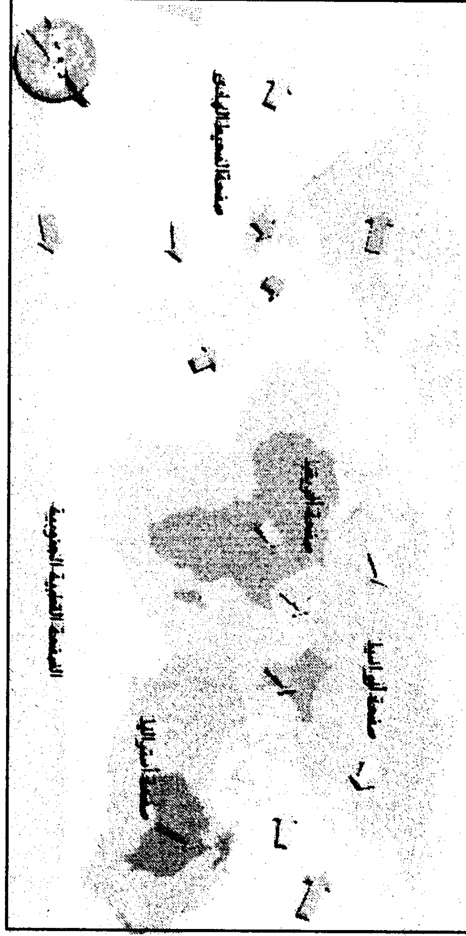
- الحواف الفاصلة بين الألواح (الصفائح) التكتونية تتميز بنشاطها ، حيث تحدث الزلازل والبراكين ، بينما تتميز المناطق داخل الألواح غالباً بثباتها .

- تتحرك الألواح التكتونية بمعدلات تتراوح ما بين أقل من ١ سنتيمتر إلى ١٦ سنتمتر فى العام .

- يؤثر الإتزان الجيودينامىكى للألواح (الصفائح) التكتونية على حركتها الراسية التى تختلف من منطقة لأخرى حسب طبيعتها .

وتتحرك الواح الليثوسفير المتجاورة حركة نسبية فيما بينها وبسرعات تختلف من لوح إلى آخر (شكل رقم ١٨ ، ١٩) . تصل فى بعض الأحيان إلى عدة سنتيمترات فى العام. كما تختلف نوعية الحركة ، حيث تتقارب الواح وتتباعد أخرى وتنزلق بعض الألواح تحت ألواح أخرى أو تنزلق جانبياً بمحازاة بعضها البعض . وقد قسمت حواف الألواح إلى ثلاثة أنواع (شكل رقم ١٦) هى : حواف متباعدة (حيث يتحرك اللوحان بعيدا عن بعضهما البعض) ، حواف متصادمة (حيث يتحرك اللوحان فى إتجاة بعضهما

البعض) ، وحواف متصدعة (حيث تحدث صدوع كبيرة عميقة على حواف الألواح التكتونية و قد يحدث إنزلاق لوح على الآخر) . ويوضح الجدول رقم (٥) موجزاً لطبيعة كل حركة منها .



شكل رقم (١٨)

حركة الصفحات التكتونية محسوبة من القياسات الجيوديسية الفضائية

شكل رقم (١٩)

الحركة النسبية للصفحات التكتونية المشكلة للقشرة الأرضية والليثوسفير
محسوبة من القياسات الفضائية وشبكات النظام العالمى للإحداثيات (GPS)

جدول رقم (٥)

خواص أنواع حواف الألواح التكتونية

نوع الحافة	نوع الألواح المتجاورة	المظاهر الطبوغرافية	الظروف الجيولوجية المصاحبة
حواف متباعدة	محيطية - محيطيه	سلاسل جبال قيعان المحيطات	إنتشار سلاسل جبال قيعان المحيطات - حدوث زلازل ضحلة -إرتفاع صهير (ماجما) - حدوث براكين.
	قارية - قارية	الأخاديد والوديان	حدوث حركات قارية دورانية وزلزالية وبراكين وإرتفاع الصهير (ماجما).
حواف متصادمة	محيطية - محيطيه	أقواس الجزر وأخاديد بحرية	حدوث حركات إنغماسية وزلازل عميقة وبراكين وإرتفاع الصهير (ماجما) وحدوث تشوهات صخرية.
	محيطية - قارية	سلاسل جبال وأخاديد بحرية	حدوث حركات إنغماسية وزلازل عميقة وبراكين - إرتفاع صهير (ماجما) - وحدوث تشوهات صخرية.
	قارية - قارية	سلاسل جبال	حدوث زلازل عميقة وتشوهات صخرية.
حواف إنزلاقية متصدعة	محيطية - محيطيه	سلاسل الجبال المحيطية المتعاظمة	حدوث زلازل قوية.
	قارية - قارية	سلاسل الجبال وتشوهات أرضيه وصدوع	حدوث زلازل عاتيه وتشوهات صخرية .

١) الحواف المتباعدة :

حيث يتحرك اللوحان المتجاوران بعيداً عن بعضهما البعض وتحدث فتحات بالقشرة الأرضية يندفع منها الصهير من باطن الأرض ليملأ هذه الفتحات، وتتكون بذلك قشرة محيطة تكون نواه لسلاسل قيعان المحيطات (شكل رقم ١٦). وتقع الزلازل فى مناطق الإنفراج بين اللوحين المتباعدين . وتتميز هذه الزلازل بأنها صغيرة إلى متوسطة المقدار.

٢) الحواف المتصادمة :

حيث يتحرك اللوحان المتجاوران تجاه بعضهما البعض ويغوص أحدهما تحت الآخر أو يتصادمان .

فعند تقارب لوحان أحدهما محيطى والآخر قارى ينزلق ويغوص اللوح المحيطى الأكثر كثافة والأقل سمكاً أسفل اللوح القارى الأقل كثافة والأكبر سمكاً . ويحدث تبعاً لذلك تلاشى الجزء المنزلق نتيجة إنصهارة فى طبقة الأثينوسفير . وعادة ما يتكون خور (خندق) عميق جهة اللوح المحيطى وإنبعاج جزئى على حافة اللوح القارى . وتشكل الأخوار الناتجة مواقع للنشاط الزلزالى الذى يحدث بسبب إحتكاك صخور اللوح المنزلق مع صخور الأثينوسفير وتجميع طاقة الإجهاد على صخور اللوح المنزلق . وقد يحتفظ اللوح المنزلق بصلابته حتى أعماق كبيرة من باطن الأرض يبدأ بعدها فى الإنصهار وتصعد الصخور المصهورة إلى أعلى فى صورة براكين فوق اللوح القارى ، كما تحدث الزلازل على أعماق مختلفة حسب موقع اللوح المنزلق ومدي احتفاظه بخواصة الصلبة (شكل رقم ١٦).

وإذا ما تقارب لوحان محيطيان فإن إحدهما يغوص تحت الآخر ويحدث عند ذلك نشاط بركانى وزلزالى يماثل ما يحدث عند غوص لوح محيطى تحت آخر قارى.

أما فى حالة تقارب لوحين قاريين من بعضها البعض ، ولتساوى كثافة الصخور فى كلا اللوحين ، فإن أحدهما لا يغوص تحت الآخر ، بل يحدث تصادم هائل بينهما وتتصدع وتنطوى الصخور فى موضع التصادم تحت تأثير الضغوط الواقعة عليها مكونه سلاسل جبال عالية ، صخورها متحولة ومطوية طيا عنيفاً . ويحدث نتيجة لذلك نشاط زلزالى كما يحدث فى منطقة جبال الهيمالايا وجبال الألب .

٣) الحواف المتصدعة :

حيث يتكون على حدود الألواح (الصفائح) التكتونية صدوع كبيرة وعميقة تخترق طبقة الليثوسفير وتصل فى بعض الأحيان إلى طبقة الأثينوسفير . وتتكون الصدوع بفعل الشد أو الضغط الواقع على حواف الألواح التكتونية . وقد يحدث إنزلاق أحد الألواح على الآخر عند هذه الحواف ينتج عنه تهشم الصخور (شكل رقم ١٦) . ويصاحب التصدع وقوع زلازل كبيرة بسبب إنزلاق الصخور على نطاق واسع على إمتداد هذه الصدوع وما يصاحب ذلك من تولد طاقة إجهاد كبيرة تنطلق منها موجات زلزالية عاتية.

وتعتبر الزلازل التى تحدث بمناطق إلتقاء الألواح (الصفائح) التكتونية وحوافها هى النوع الغالب ، إلا أنه هناك نوع آخر من الزلازل مرتبط بالنشاط البركانى وهو الأقل انتشاراً . وتحدث الزلازل البركانية قبل ثوران البراكين بفعل حركة الحمم والغازات المحبوسة تحت سطح الأرض ، كما تقع عند ثوران البراكين . ويتصف الزلزال البركانى بأنه محلى التأثير وذو كم حاشد من الهزات وهناك أربعة أنواع من الزلازل البركانية هى :

- **زلازل ضحلة** ، يقل عمقها عن ١ كم . وتتركز هذه الزلازل تحت فوهات البراكين مباشرة ، ولا يصدر عنها موجات أولية أو ثانوية واضحة.

- **زلازل أكثر عمقاً** ، يتراوح عمقها فيما بين ١ - ١٠كم تحت سطح الأرض. وتقع هذه الزلازل بعيداً عن فوهات البراكين ويسجل لها موجات أولية وثانوية واضحة .

- **زلازل إنفجارية** ، ترتبط بالانفجارات البركانية ، ولا يصدر عنها موجات أولية أو ثانوية واضحة.

- **رجفات بركانية** ، تشبه الزلازل الضحلة (أقل من ١ كم) أو الزلازل الإنفجارية ، غير أنها تستمر وقتاً طويلاً . وتنشأ هذه الزلازل عن حركة الصهير (الحمم) والغازات تحت سطح الأرض . وقد تستمر الرجفة عدة دقائق .

ثانيا - الزلازل التأثيرية :

مع أن الزلازل ظاهرة طبيعية تحدث بفعل العمليات الجيولوجية والطبيعية فى باطن الأرض والتى سبق سردها ، إلا أن هناك لبعض الأنشطة البشرية التى تجرى على سطح الأرض والتى قد تؤدى إلى حدوث موجات زلزالية تسمى زلازل تأثيرية . ومن هذه الأنشطة البشرية ما يلى :

١) التفجيرات النووية تحت سطح الأرض.

٢) إختلال التوازن الطبيعى للأرض بسبب:

- السحب المفرط للسوائل من باطن الأرض.
- حقن أو صرف السوائل فى باطن الأرض.
- إقتلاع صخور الأرض من المناجم والمحاجر.
- إقامة المنشأت الكبرى .

٣) بناء السدود العملاقة وتكوين البحيرات الصناعية .

وقد تكون الزلازل التأثيرية كبيرة وكارثية كما حدث فى مواقع بعض البحيرات الصناعية مثل بحيرة كوينا بالهند (زلزال ديسمبر ١٩٦٧ - بلغت قوته ٦,٥درجه على مقياس ريختر) .

١) التفجرات النووية :

منذ عام ١٩٥٨ قامت بعض الدول بإجراء تفجيرات نووية تحت سطح الأرض. ويتراوح عمق أغلب هذه التفجيرات ما بين ١٠٠ م - ٢ كم تحت سطح الأرض ، كما تباينت كمية الطاقة المنبعثة من هذه التفجيرات . وتنشأ عن هذه التفجيرات موجات قوية تشبه موجات الزلازل تنطلق من مواقع التفجيرات النووية وتسجلها أجهزة رصد الزلازل ، ومن ثم يمكن مراقبة هذه التفجيرات وتحديد زمانها وأماكن حدوثها وقوتها .

ولعمق بؤر الزلازل الطبيعية دوراً هاماً فى التفرقة بينهما وبين التفجيرات النووية . فإذا ما كان العمق كبيراً تحت سطح الأرض ، فلا يمكن أن يكون بسبب تفجير نووي . كما أن الموقع الذى تنطلق منه الموجات دور هام أيضاً فى تحديد طبيعتها ، إذ لا يمكن إجراء تفجير نووى فى المناطق المأهولة بالسكان أو القريبة منها ، إنما تتم التفجيرات النووية عادة فى مناطق صحراوية غير مأهولة أو فى جزر نائية ... أو تحت مياه المحيطات .

٢) اختلال التوازن الطبيعى للأرض :

تعمل الأرض باستمرار على الحفاظ على توازنها الطبيعى . وتؤثر الأنشطة البشرية التى تجرى على قشرة الأرض أو داخلها (سحب السوائل - حقن السوائل - إقتلاع الصخور- إقامة المنشآت الكبرى... إلخ) إلى حدوث خلل بالتوازن الطبيعى للأرض ، لذا تعمل الأرض على إستعادة توازنها الطبيعى مما يحدث إجهادات داخل صخور الأرض وحدوث موجات

زلزالية أو تحركات متفاوته للقشرة الأرضية .

فمثلاً تعمل السوائل المحقونة فى آبار عميقة تحت ضغوط عالية إلى تسرب هذه السوائل عبر الشقوق والفواصل وملأ المسام فى الصخور وزيادة الإجهادات الواقعة عليها . كما تعمل هذه السوائل ، وكأنها شحم ، على تسهيل حركة إنزلاق الصخور على جانبى الصدوع مما يؤدى إلى إنهيار الصخور ووقوع الزلازل .

وعادة ما يحدث هبوط بالأرض بالمناطق المجاورة للحقول المستخدمة لسحب البترول. كما يحدث أيضاً إزاحات أفقية كبيرة مصحوبة بالهبوط الرأسي فى بعض المناطق المجاورة لهذه الحقول.

أيضاً يؤدى إقتلاع صخور الأرض فى المناجم والمحاجر الكبيرة إلى إختلال التوازن الطبيعى للأرض فى منطقة المنجم أو المحجر تعمل على تجمع طاقة للإجهاد وحدوث نشاط زلزالى أو تحركات ملموسة لقشرة الأرض .

٣) البحيرات الصناعية :

يزداد معدل النشاط الزلزالى فى المواقع التى يشيد الإنسان عليها السدود والبحيرات الصناعية العملاقة . ويعزى النشاط الزلزالى غالباً إلى زيادة الأحمال على سطح الأرض ومن ثم إختلال التوازن الطبيعى لقشرتها الأرضية مما يسبب حدوث إجهادات كبيرة على الصخور الواقعة تحت السدود والبحيرات وتجمع للطاقة وحدوث زلازل تتناسب قوتها مع كمية الطاقة المتحررة والناتجة عن إنهيار الصخور . أيضاً وفى حالات أخرى تعمل المياه المتسربة عبر الشقوق والفواصل والمسام على تسهيل الحركة وإنزلاق الصخور على جانبى الصدوع والفوالق وزيادة الإجهاد الواقع على هذه الصخور وحدوث الزلازل .

وكانت أول بحيرة صناعية تسببت فى حدوث زلزال هى بحيرة ميد بولاية أريزونا بالولايات المتحدة والتى تكونت أمام سد هوفر فى الثلاثينات من هذا القرن . حيث صاحب إمتلاء البحيرة حدوث زلزال قوته ٥,٠ درجة على مقياس ريختر ووقوع حوالي ٦٠٠ هزة على مدى العشر سنوات التالية لإمتلاء البحيرة بالماء.

ونذكر من البحيرات الأخرى التى تسببت فى حدوث زلازل كبيرة على سبيل المثال لا الحصر ما يلى :

- بحيرة هينجفنكيان بالصين والتى أحدثت زلزالا قوته ٦,١ درجة على مقياس ريختر بعد ثلاث سنوات من بدء تكوينها .
- بحيرة كاريبا بزامبيا والتى أحدثت زلزالا قوتة ٥,٨ درجة على مقياس ريختر بعد أربعة سنوات من تكوينها.
- بحيرة كوينا بالهند والتى أحدثت زلزالا قوتة ٦,٥ درجة على مقياس ريختر بعد ثلاث سنوات من تكوينها .
- بحيرة كريماستا فى اليونان والتى أحدثت زلزالا قوتة ٦,٣ درجة على مقياس ريختر بعد عام واحد من تكوينها .
- بحيرة ناصر جنوب أسوان والتى أحدثت زلزالا قوتة ٥,٥ درجة على مقياس ريختر بعد سبعة عشر عاماً من بدء ملء البحيرة .

كما أن هناك البحيرات الصناعية التى أحدثت زلازل متوسطة مثل بحيرة مونتيانارو فى منطقة الألب الفرنسية وبحيرة تيمور فى نيوزيلاندا وبحيرة كلارك هيل بالولايات المتحدة. وعلى النقيض هناك بحيرات صناعية أدت إلى تغير فى مستوى النشاط الزلزالى بمناطق تكوينها وبعضها أدى إلى نقص النشاط الزلزالى مثل بحيرة أندرسون بالولايات المتحدة .

ومن الدراسات التى أجريت على البحيرات الصناعية ونشاطها الزلزالى وجد أن كل بحيرة منها لها طبيعتها الخاصة ، كما أن لها أسبابها الخاصة لحدوث الزلازل بها.

ومع تكرار ظاهرة حدوث الزلازل فى مناطق البحيرات الصناعية ، فقد سجلت الملاحظات العامة التالية عنها:

١) يبدأ النشاط الزلزالى عادة فى السنوات القليلة الأولى من بدء الملء وغالباً ما يبدا بزلازل كبير مسبوق بعدد قليل من الزلازل الأقل قوة ويتلوه عدد كبير من التوابع صغيرة القوة .
٢) فى حالة بعض البحيرات توجد علاقة وثيقة بين النشاط الزلزالى والتغير فى منسوب المياه بتلك البحيرات .
٣) النشاط الزلزالى حول عدد من البحيرات الصناعية يوافق عادة تناقص فى منسوب المياه ... وفى بعض الحالات يوافق تزايد فى منسوب المياه.
٤) فى حالة بحيرات صناعية أخرى يحدث النشاط إلزلزالى بعد فاصل زمنى من التغيرات فى منسوب المياه بهذه البحيرات وتختلف مدته من بحيرة إلى أخرى.
٥) فى معظم الحالات يبدأ النشاط الزلزالى فى الهدوء من حيث القوة والعدد عندما تبدأ مناطق تلك البحيرات فى التوازن الإستقرار.
٦) وجود الفوالق النشطة بالقرب من البحيرات يعتبر عاملاً من عوامل زيادة مستوى النشاط الزلزالى حول هذه البحيرات.
٧) العوامل الجيولوجية والوضع التركيبى فى مناطق تكوين البحيرات الصناعية من العوامل المؤثرة فى تغير مستوى النشاط الزلزالى بمناطق تكوين تلك البحيرات وأيضاً إختلاف طبيعتها .
٨) عمق البحيرات وحجمها هما عاملين مؤثرين بدرجة ما على مستوى النشاط الزلزالى الناتج عن تكوين غالبية البحيرات الصناعية.

٤) العوامل التى تتحكم فى حدوث الزلازل بمناطق البحيرات الصناعية :

من الدراسات التى أجريت على مناطق البحيرات الصناعية يمكن التعرف على العوامل التى تتحكم فى حدوث الزلازل بتك المناطق ومنها :

أ) عوامل طبيعية :

مثل عمق البحيرة وحجمها ، وهى من العوامل التى تؤثر على الضغوط الرأسية على قاع البحيرة والضغوط الأفقية على جانبى البحيرة وما ينتج عنهما من إجهاد على صخور القاع . أيضاً يعتبر شكل البحيرة وطبوغرافية المكان المقامة عليه عاملاً من العوامل الهامة التى تؤثر على إرتفاع أو إنخفاض منسوب المياه فى البحيرة ، كما أن معدل ملء وتفريغ البحيرة والتغير الموسمى فى منسوبها من العوامل الهامة التى يصحبها فى كثير من البحيرات حدوث نشاط زلزالى ملحوظ ، وفى كثير من الحالات يعمل الإجهاد الرأسي (الأوزان) الواقعة على صخور قاع البحيرة بفعل وزن الماء والرواسب على حدوث نشاط زلزالي .

أيضاً يعمل تسرب الماء فى الشقوق والفواصل المؤثرة على صخور قيعان البحيرات الصناعية وحوافها إلى زيادة ضغط مسام هذه الصخور ويضعف ذلك من طاقة إحتمالها وشدة تماسكها مما يؤدى إلى حدوث زلازل . كما يعمل تسرب الماء على أسطح الصدوع والفوالق إلى تسهيل حركتها وإنزلاق الصخور على جانبيها وتجمع طاقة الإجهاد على أسطح الفوالق وحدوث نشاط زلزالى .

ب) الظروف الهيدرولوجية :

ومنها علاقة مياه البحيرات بالمياه الجوفية حيث أنها من العوامل التى تؤثر على التغير فى الضغط المسامى وأيضاً حجم الخزان الجوفى وتأثره بمعدلات الملء والتفريغ فى هذه البحيرات.

ج) **الظروف الجيولوجية:**

وأهمها نوعية صخور قيعان البحيرات وجوانبها (نارية أو رسوبية أو متحولة). ودرجة مساميتها وحجم المسام وما بهذه الصخور من شقوق وشروخ وفواصل ومدى إتصالها ببعضها البعض.

أيضاً يعتبر وجود الصدوع والفوالق النشطة بمناطق البحيرات الصناعية من أهم عوامل حدوث النشاط الزلزالي . ويعتبر نوع الصدوع والفوالق بمناطق البحيرات الصناعية أو بالقرب منها وطولها وإتجاهها بالنسبة للبحيرة ونوع الحركة عليها (أفقية أو رأسية) ومدى نشاط هذه الصدوع والفوالق وعمقها عن سطح الأرض (الإمتداد الرأسى لها) من العوامل المؤثرة.

د) **النشاط الزلزالي فى مناطق البحيرات الصناعية قبل تكوينها:**

يعتبر مستوى النشاط الزلزالي بمناطق البحيرات الصناعية قبل تكوينها وقربه من مناطقها وعمق هذا النشاط من سطح الأرض وتكراريته من العوامل الهامة التى تساعد فى فهم طبيعة هذه البحيرات وتحديد أكبر زلزال يمكن حدوثه مستقبلاً بمناطقها .

كما أن قرب أو بعد مناطق تكوين البحيرات الصناعية من حدود الصفائح التكتونية وقربها أو بعدها من الصدوع والفوالق النشطة يعتبر أيضاً من العوامل الهامة التى تساعد على فهم ظاهرة حدوث الزلازل التأثيرية بمناطق هذه البحيرات.





الفصل الثالث

رصد وتسجيل الزلازل

رصد وتسجيل الزلازل

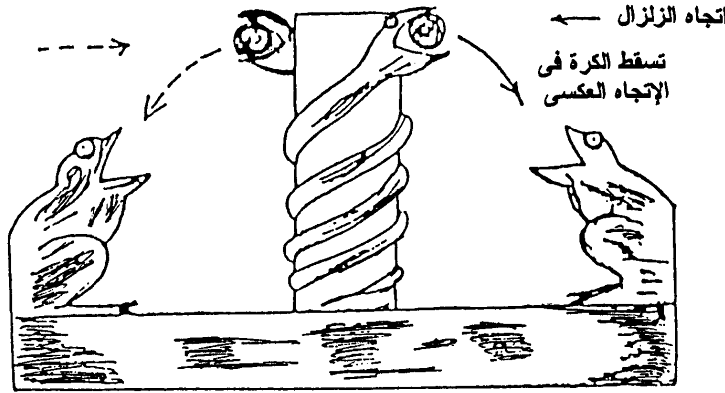
نظراً لآن الزلازل ظاهرة طبيعية قديمة قدم الأرض ذاتها ، فإن رصد وتسجيل الزلازل تمتد جذوره إلى عبق التاريخ . ويمكن تقسيم رصد وتسجيل الزلازل إلى مرحلتين هما : مرحلة الرصد الوصفي ومرحلة الرصد والتسجيل الكمي للزلازل .

فى مرحلة الرصد الوصفي للزلازل والتى إمتدت حتي أواخر القرن التاسع عشر تم وصف الزلازل من ناحية تأثيرها على الإنسان وممتلكاته على قرار حساب شدة الزلازل التي تختلف من مكان لآخر حسب قربها أو بعدها عن مركز حدوث الزلازل .

وخلال مرحلة الرصد الوصفي بذلت عدة محاولات لرصد الزلازل ، حيث قام الصيني شوكو عام ١٣٢ ميلادية بتصميم أول جهاز فى العالم لرصد الزلازل والتحديد التقريبي لإتجاة مصدرها . والجهاز عبارة عن تحفة فنية تتكون من آنية شبه إسطوانية مثبته على قاعدة ومثبت على جوانبها على مسافات متساوية تماثيل لأفاعي تحمل كل منها كرة برونزية فى فمها . أما القاعدة فمثبت عليها تحت كل رأ س من رؤوس الأفاعي تماثيلٌ لضفدع فاتحاً فمه . وفى حالة حدوث أي زلازل تسقط الكرة المواجهة لإتجاة الزلازل من مكانها لتقع فى فم الضفدع المثبت على القاعدة الدائرية للجهاز (شكل رقم ٢٠). وبذلك يمكن التعرف على حدوث الزلازل والتحديد التقريبي لإتجاة مصدرها ، حيث أن رؤوس الأفاعي ورؤوس الضفادع تشير إلى الإتجهات الأصلية والفرعية.

وفى عام ١٧٠٣ إستخدمت فكرة مشابهة من العالم الفرنسي دي هاتفو . حيث إستخدم نصف كرة مملوءة بالزئبق وبها ثمانية فتحات فى الإتجهات الأصلية والفرعية ويوجد أسفل هذه الفتحات ثمانية أكواب . وفى حالة

حـدوث زلـزال ينسكب الزئبق فى أحـد الأكـواب . حيـث يسـاعـد ذلك فى التعرف على إتجاة حدوث الزلازل .



شكل رقم (٢٠)
أول جهـاز لرصـد الزلازل

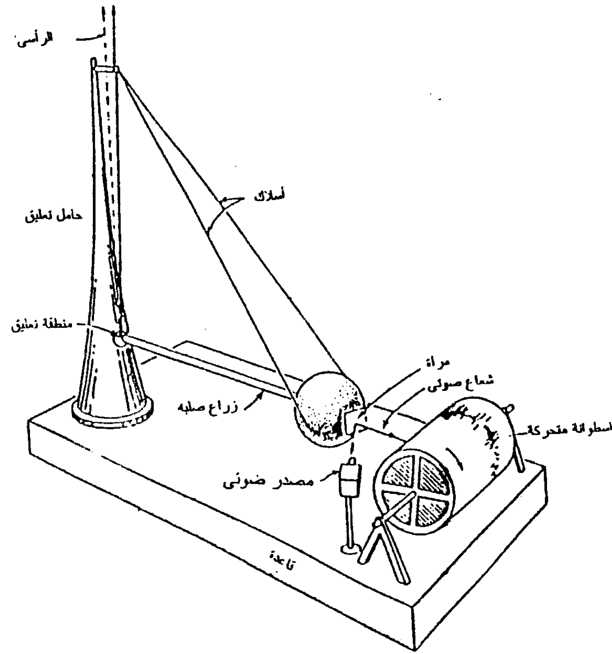
وفى نهاية القرن الثامن عشر أدخلت بعض التعديلات على هذه الأجهزة كما تم التوصل إلى تصميم ساعة تتوقف عن العمل والدوران عند حدوث أى هزة أرضية . وفي عام ١٩٠٠ تم تعديل هذه الفكرة لتضم الساعة بندولاً وذراعين مرتبطين فى حركتها بهذا البندول . حيث يتحرك البندول نتيجة لحدوث الزلازل ويتحرك أحد الذراعين ليضئ لمبة صغيرة والذراع الآخر يعمل على دق جرس كهربي ليعلم الراصد بحدوث هزة أرضية .

وقد ساعدت هذه الأجهزة فى رصد الزلازل دون التعرف بدقة على أماكن حدوثها وأعماقها وبعدها عن مكان الرصد.

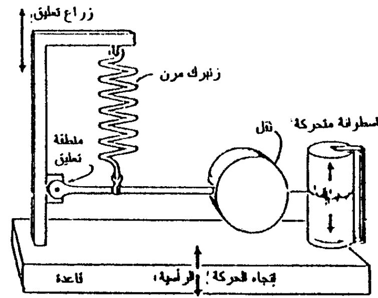
ويرجع تصميم أول جهاز لرصد وتسجيل الزلازل إلى نهاية القرن التاسع

عشر (١٨٨٠ - ١٨٩٠) ، حيث إستطاع ثلاثة من العلماء تصميم أول جهاز لتسجيل الزلازل المحلية فى اليابان . وفى عام ١٩٨٩ إستطاعوا تطويره ليسجل الزلازل البعيدة . وفى إيطاليا تم تصميم أول جهاز لتسجيل المركبتين الرأسية والأفقية للزلازل . ويتكون الجهاز من بندول يتحرك رأسياً أو أفقياً وإسطوانة تدور بسرعة ثابتة حول محورها وفى نفس الوقت تتزحزح رأسياً أو أفقياً بمعدل ثابت مع الزمن . ويثبت على الأسطوانة ورق للتسجيل يسجل عليه الوقت (شكل رقم ٢١) . وكانت آداة التسجيل فى البداية هي إبره حادة تحفر على ورق التسجيل المغطى بالسناج (التسجيلات الميكانيكية) ، ثم تطور الأمر فيما بعد إلى إستخدام الأشعة الضوئية الساقطة على مرآه ملتصقة بالبندول لتعكس شعاع ضوئى ليتم التسجيل على ورق حساس للضوء ، وتظهر التسجيلات بوضوح بعد التحميض (التسجيل الميكانيكى الضوئى) . وفيما بعد إستخدمت الكهرومغناطيسية الحثية الناتجة عن الحركة للتسجيل على ورق التسجيل الحساس للضوء أو بإستخدام ريشة خفيفة للرسم على ورق التسجيل الأبيض (التسجيلات الكهرومغناطيسية و الكهروستاتيكية) ، ثم توالت بعد ذلك الأفكار والإختراعات.

وكانت أجهزه رصد وتسجيل الزلازل ، فى بداية الأمر ، تسجل الموجات الزلزالية دون تكبير ، إلا أنه أمكن فيما بعد إستخدام طرق تكبير مختلفة منها الطرق الميكانيكية والكهرومغناطيسية التي ساعدت على تكبير الموجة الزلزالية عشرات أو مئات المرات . وقد ساعدت المكبرات الإلكترونية الحديثة فى تكبير الموجة الزلزالية حوالي مليون مرة.



(أ)   وحدة التسجيل الأفقى للهزات الأرضية



(ب)   وحدة التسجيل الراسى للهزات الأرضية

شكل رقم (٢١)

أجهزة رصد الهزات الأرضية

وتعتبر أجهزة رصد وتسجيل الزلازل (السيسموجراف) من أهم أجهزة مراقبة ورصد الإهتزازات الأرضية التى تحدث نتيجة وصول الموجات الزلزالية كداله مستمرة مع الوقت . ويسمى تسجيل هذه الإهتزازات " سيسموجرام" ، كما يسمي المكون الداخلي للسيسموجراف الحديث " سيسموميتر " وهو الذي يعمل على تحويل طاقة الموجات التي تصل إلى الجهاز إلى فرق جهد كهربي يعمل كمحس لأي حركة إزاحية أو تسارعية .

ويتم توجيه السيسموميتر بطريقة ما لرصد وتسجيل ثلاث مركبات لحركة الأرض : مركبتين أفقيتين - (شرق - غرب ، شمال - جنوب) ومركبة رأسية. وفى بعض الحالات تستخدم محطات متكاملة لرصد المركبات الثلاث .

وتتكون معظم السيسمومترات من بندول رئيسى وتتصل كتلة البندول مع إطار تثبيت فى وضع رأسي أو أفقي يثبت بدعامات فى الصخور الأساسية. ويتم تعليق الكتلة ضد الجاذبية الأرضية بواسطة يايات بيضاوية أو ورقية. وعند وصول الموجات الزلزالية إلى موقع التسجيل فإنها تؤدي إلى تحرك قاعدة الجهاز مع الصخور الأساسية بينما تبقى الكتلة المعلقة فى وضع ثبات . ويتم تكبير الحركة النسبية للكتلة بالنسبة للقاعدة وتسجيلها بأحد الطرق السالف ذكرها .

وقد ساعد التطور السريع لتقنيات أجهزة الحاسبات وتطبيقاتها لحل المسائل الجيوفيزيقية من إستخدام التسجيلات الرقمية على الحاسبات ونقلها على أشرطة أو أقراص ممغنطة . أيضاً مكنت هذه التقنيات من تحويل التسجيلات الرقمية إلى تسجيلات مرئية . وقد ساعدت التسجيلات الرقمية من سهولة تخزين وتحليل بيانات الزلازل ، كما أصبح

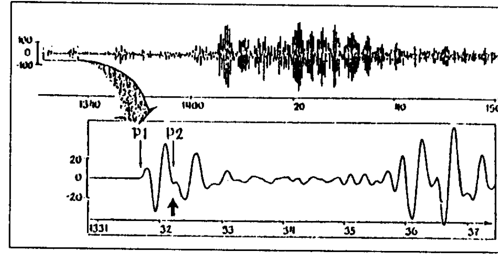
ممكناً تسجيل الموجات ذات السعة الكبيرة جداً وذات السعة الصغيرة جداً. وساعدت أجهزة التسجيل أيضاً على تكبير الأجزاء الهامة من التسجيل وتحليلها (شكل رقم ٢٢) ، وتخزين الهام منه وإستبعاد غير ذلك .

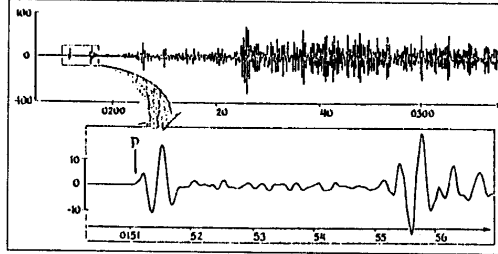
وتعرف مراصد الزلازل حالياً أنوعاً متعددة من أجهزة رصد وتسجيل الزلازل التي تعمل بصورة مستمرة على مدي ٢٤ ساعة يومياً ، وتستخدم هذه المراصد الحاسبات الحديثة والبرامج المتطورة للتحديد الفورى لمركز الزلزال وبعده وقوته وإتجاهه وعمق بؤرته ... ألخ ، وتخزين بياناتها للإستفادة العلمية منها فى دراسة مناطق النشاط الزلزالى العمل على التقليل من مخاطرها .

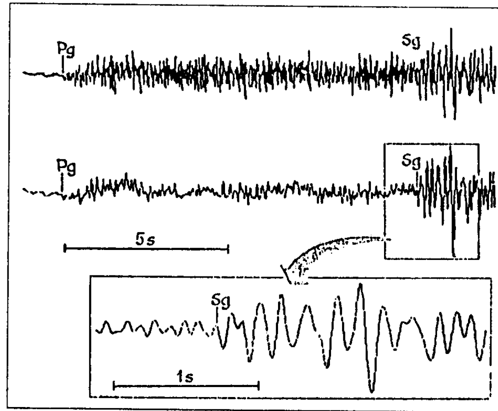
أيضاً أتاحت تقنيات الإتصالات الحديثة (التلميترية - خطوط دوائر المعلومات التليفونية -الأقمار الصناعية) من إنشاء شبكات رصد الزلازل ونقل بياناتها لحظياً إلى المراكز المتخصصة لإجراء التحليل الفورى لها وتجميعها وتصنيعها .

هناك أيضاً من الأجهزة الحديثة المتطورة ، بجانب أجهزة رصد وتسجيل الزلازل ، أجهزة رصد وتسجيل عجلة موجات الزلازل . ويعتبر هذا النوع من الأجهزة ذات أهمية كبيرة لدراسة طبيعة موجات الزلازل ودراسة مدى تأثيرها على الطبقات السطحية من الأرض والمبانى والمنشآت المقامة عليها.

ويصل عدد محطات رصد وتسجيل الزلازل أكثر من ٢٠٠٠ محطة موزعة على إمتداد الكرة الأرضية ، إلا أن توزيعها غير جيد حيث يتركز معظمها فى أوربا وأمريكا الشمالية واليابان .







شكل رقم (٢٢)

تكبير الأجزاء الهامة من الموجات الزلزالية باستخدام البرامج والأجهزة الحديثة

رصد وتسجيل الزلازل فى مصر

تعتبر مصر من أوائل الدول فى المنطقة العربية التى إستخدمت أجهزة الرصد الزلزالي ، حيث بدأ الرصد الزلزالي فى مصر عام ١٨٩٨ بحلوان قبل إنشاء مرصد حلوان عام ١٩٠٣ . وفى عام ١٩٣٠ إنشىء بحلوان محطة طويلة المدى لتسجيل المركبتين الأفقيتين للزلازل البعيدة ، إضيف إليها فيما بعد جهاز التسجيل للمركبة الرأسية .

وفى عام ١٩٦٢ أختيرت حلوان لإنشاء محطة عياريه للزلازل ضمن ١٢٠ محطة عيارية دولية موزعة على مستوي الكرة الأرضية . وقد حصلت مصر على المحطة هدية من حكومة الولايات المتحدة الأمريكية . وتضم المحطة مجموعتين من الأجهزة ، إحداها طويلة المدى لرصد الزلازل البعيدة والأخرى قصيرة المدى لرصد الزلازل القريبة . وتشمل كل منها على أجهزة لقياس مركبات الزلازل الأفقية والمركبة الرأسية. والأجهزة جميعها مثبتة على قاعدة خرسانية على عمق يصل إلى حوالي ١٥ متراً من سطح الأرض ، والقاعدة الخرسانية مثبتة على صخور تبه المرصد المكونة من الحجر الجيرى الصلد ، وتضمها غرفة مزدوجة الجدران ومعزولة حرارياً لتجنب التغير فى درجة الحرارة .

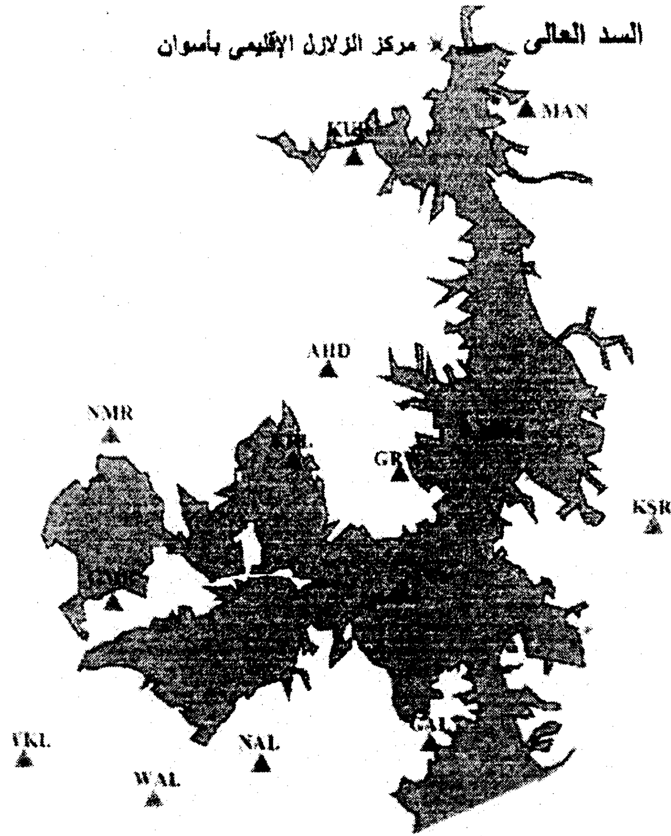
وفى عام ١٩٧٢ أضيفت إلى محطة حلوان العيارية محطة زلازل مرئية قصيرة المدى مهداه من الحكومة اليابانية لتسجيل المركبات الأفقية والرأسية بالإضافة إلى أجهزة تحليل البيانات .

وفى عام ١٩٧٥ أقيمت محطة لتسجيل الزلازل فى أسوان لرصد الزلازل طويلة المدى وقصيرة المدى . كما أقيمت محطة أخرى فى مرسى مطروح لرصد الزلازل قصيرة المدى ومحطة ثالثة فى أبو سمبل جنوب مصر .

وبعد حدوث زلزال ١٩٨١ بمنطقة كلابشة جنوب غرب أسوان أقام المعهد عام ١٩٨٢ بالتعاون مع الهيئة العامة للسد العالي وخزان أسوان شبكة زلازل تليمترية تتكون من ثلاث عشرة محطة زلازل حقلية حول الجزء الشمالي من بحيرة ناصر لتسجيل الزلازل متناهية الصغر (شكل رقم ٢٣). هذا بالإضافة إلى سبعة محطات بيزومترية لقياس التغير فى منسوب ودرجة حرارة المياه الجوفية بالمنطقة . وتدار جميع محطات الزلازل والبيزومترات بالطاقة الشمسية وترسل بياناتها بواسطة موجات الراديو إلى المركز الإقليمى للزلازل المقام بمنطقة صحارى بأسوان . ويشمل المركز على أجهزة لإستقبال بيانات محطات الزلازل والمحطات البيزومترية بمنطقة شمال بحيرة ناصر. ويتبع المركز أيضاً عدد محطات قياس عجلة موجات الزلازل تم تثبيتها على جسم السد العالي وخزان أسوان بغرض دراسة تأثير موجات الزلازل على كل من السد العالي والخزان.

وفى أعقاب زلزال ١٢ أكتوبر ١٩٩٢ أوكلت الدولة للمعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية إنشاء الشبكة القومية للزلازل والتقليل من المخاطر وتتكون الشبكة القومية للزلازل من ٦٠ محطة زلازل حقلية تغطى جميع مناطق الجمهورية وعدد من محطات إعادة البث للربط بين محطات الشبكة ومراكزها (شكل رقم ٢٤). ويتبع الشبكة المركز الرئيسى بحلوان الذى يضم أجهزة إستقبال البيانات من محطات الشبكة وتحليلها (الشكل رقم ٢٥). كما يتبع الشبكة خمسه مراكز فرعية للزلازل بكل من الغردقة وبرج العرب (مدينة مبارك العلمية) ومرسى علم على ساحل البحر الأحمر والخارجة بالوادى الجديد بالإضافة إلى مركز الزلازل الإقليمى بأسوان. وترسل محطات الشبكة الحقلية بياناتها إلى المراكز الفرعية والمركز الرئيسى للشبكة إما تلميترياً أو من خلال خطوط دوائر المعلومات التليفونية أومن خلال الإتصال عبر الأقمار الصناعية. وتهدف الشبكة

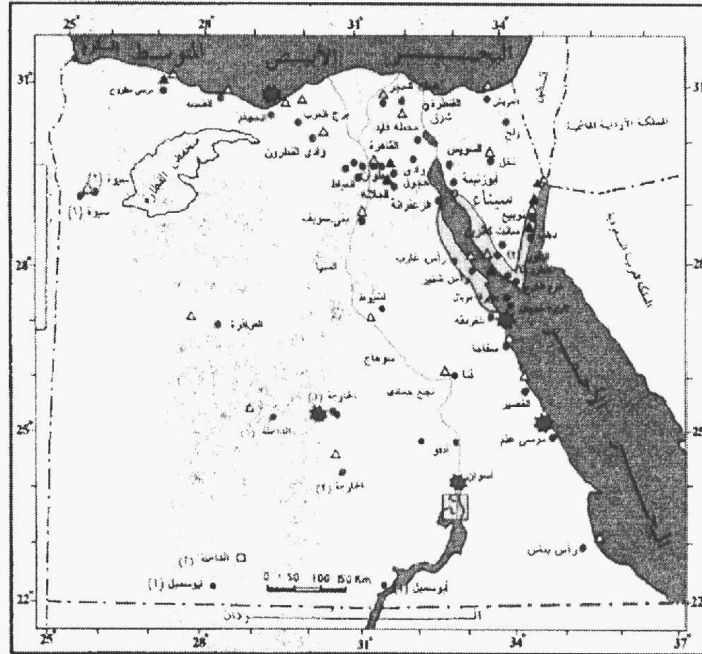
القومية للزلازل إلى دراسة الوضع الزلزالي في مناطق الجمهورية المختلفة وتحديد مكامن الخطورة الزلزالية والتقليل من مخاطرها على المشروعات الحيوية والبنية الأساسية.



شكل رقم (٢٣)

توزيع محطات الزلازل الحقلية حول شمال بحيرة ناصر - أسوان

الشبكة القومية للزلازل



مركز زلازل فرعى

شبكه زلزاليه محليه

برج سنترال

برج إعادة إرسال

مواقع المحطات الحقلية

شكل رقم (٢٤)

توزيع المحطات الحقلية

للشبكة القومية للزلازل والتقليل من المخاطر



شكل رقم (٢٥)
المركز الرئيسى للشبكة القومية
لرصد الزلازل والتقليل من المخاطر (حلوان)

الزلازل التاريخية

تعرضت الكرة الأرضية على إمتداد تاريخها للزلازل التى تحدث من قديم الزمان فى العديد من بقاع الأرض ، اليابس منها والمغمور تحت مياه البحار والمحيطات . وقد تناقل أبناء الحضارات القديمة وصف أحداث الزلازل التاريخية العنيفة والمدمرة التى أثرت عليهم وعلى حضاراتهم . وقد إعتمد الخبر المتواتر عن الزلازل التاريخية على الظروف التاريخية والجغرافية والدينية والاجتماعية للمناطق التى ألم بها الحدث الزلزالي .

الزلازل التاريخية التى أثرت على الكرة الأرضية :

اعتمد تداول الخبر عن الزلازل التاريخية على الظروف التاريخية والجغرافية والدينية والاجتماعية للمناطق المختلفة من الكرة الأرضية ، وهى الظروف التى ساعدت على وجود الحضارات المختلفة التى عمرت الكون منذ بدء الحضارات القديمة وحتى اليوم .

وتعتبر مصر والمنطقة العربية من اقدم المناطق التى تواتر عنها أخبار الأحداث الزلزالية وذلك منذ حوالي ثلاثة آلاف ستة قبل الميلاد ·ومن أقدم الزلازل المدونة فى التاريخ المصري زلزال مدينة تل بسطا عام ٢٢٠٠ قبل الميلاد الذى أحدث خسائر وتدمير فى معابد المدينة .

أما فى الصين فقد نقل الأقدمون أخبار الزلازل الكبيرة والمتوسطة التى وقعت منذ عام ٧٨٠ قبل الميلاد ، وسجل اليابانيون أحداث الزلازل التى وقعت بجزر اليابان منذ عام ١٦٠٠ بعد الميلاد · وفى أوربا لم يتواتر من أخبار الزلازل إلا ما حدث منها بعد القرن الثالث الميلادي . أما عن زلازل الأمريكتين فلم يعرف منها إلا ما حدث بعد القرن الخامس عشر الميلادي .

ومن أقوى الزلازل التاريخية المدمرة التى أثرت على العديد من مناطق العالم والتي تواترت أخبارها وسجلها سكان هذه المناطق، حيث لم تكن أجهزة رصد وتسجيل الزلازل قد عرفت بعد، نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر ما هو مدون بالجدول رقم (٦).

جدول رقم (٦)

أهم أقوى الزلازل التاريخية التى أثرت على الكرة الأرضية

العام	مكان الزلزال	الدول المتأثرة	عدد الضحايا	وصف الآثار التدميرية للزلازل
١٢٠١م	شرق البحر المتوسط	جنوب أوروبا و قبرص - أذربيجان - أرمينيا -العراق الشام - مصر	١,١٠٠.٠٠٠	زلزال كارثى مدمر أحدث موجات بحرية سنامية (طوفانات بحرية) فى البحر المتوسط . دمرت مدن وقرى بكاملها وأزيلت من فوق سطح الأرض .
١٥٥٦م	شان تي	الصين	٨٣٠,٠٠٠	حدوث إنهيارات أرضية أدت إلى دفن الناس أحياء .
١٦٧٦م	هوبي	الصين	٦٥٥,٠٠٠	
١٦٩٣م	صقلية	إيطاليا	٦٠,٠٠٠	
١٧٣٠م	هوكايدو	اليابان	١٢٧,٠٠٠	
١٧٣٧م	كلكتا	الهند	٣٠٠,٠٠٠	
١٧٥٥م	لشبونه	البرتغال	٦٠,٠٠٠	بلغت الفترة التقديرية للزلازل حوالي ٨,٩على مقياس ريختر . وقد صاحب الزلزال حدوث فرقعة مدوية تلتها الإنهيارات الأرضية وحدوث موجات سناميه(طوفانات بحرية) عاتية دمرت المدينة .
١٧٨٣م	كالابريا	إيطاليا	٥٠,٠٠٠	
١٧٩٧م		بيرو والإكوادور	٤٠,٠٠٠	
١٨٦٨م		بيرو والإكوادور	٤٠,٠٠٠	

الزلازل التاريخية التى أثرت على المنطقة العربية :

حوت كتب التراث العربي الكثير عن أخبار الزلازل التى أثرت على العديد من مناطق العالم العربي · وقد إهتم المؤرخون العرب بأخبار الزلازل · ومن أهم الزلازل التاريخية المدمرة التى ذكرها المؤرخون فى كتب التراث العربية ما يوضحه الجدول رقم (٧) ·

جدول رقم (٧)

أهم أقوى الزلازل التاريخية التى أثرت على المنطقة العربية

العام	مكان الزلزال	عدد الضحايا	الشدة التقديرية للزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلزال
١١٥م	أنطاكية	٢٦٠,٠٠٠	١١	زلزال كارثي مدمر .
٤٥٨م	أنطاكية	٨٠,٠٠٠	٩	زلـزال كارثي مـدمر سبـب تهدما بالمدينـة.
٥٢٦م	أنطاكية	٥٠,٠٠٠		زلزال كارثي ادى إلى خسف أنطـاكية ودفـن الناس تحت الـردم.
٥٣٣م	حلب	١٣٠,٠٠٠		زلزال كارثي مدمـر.
٥٨٨م	أنطاكية	٦٠,٠٠٠	٩	زلزال كـارثي·
٧٤٢م	اليمن	لـم تقـدر		إهتزت أرض سبأ وهدمت القرى بفعل الانهيارات الجيولوجية مما أدى إلى دفن سكانها تحت الردم·
٨٤٥م	دمشق وأنطاكية والموصل	٥٠,٠٠٠	٨	زلزلت دمشق وأنطاكية والموصل زلزله شديدة وتهدمت مبانى أنطاكية والموصل بشدة·
٨٥٦م	تونس	٤٥,٠٠٠	٨	إنهيارات ودفن الناس تحت الردم·

تابع جدول رقم (٧)

العام	مكان الزلزال	عدد الضحايا	الشدة التقديرية للزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلزال
٨٧٢م	وادى سامرا بالعراق	٢٠,٠٠٠	٨	زلزالي كارثي.
١٠٠٧م	دجلة بالعراق	١٠٠,٠٠٠	٨	زلزال كارثي.
١٠٤٢م	تدمر وبعلبك ومصر وإيران	٥٠,٠٠٠	٩	تركزت معظم الخسائر فى تدمر بسوريا حيث دفن الناس تحت الردم.
١٠٦٧م	مصر والشام	٢٥,٠٠٠	١٠	زلزال قوى
١٠٦٨م	الرملة بفلسطين والحجاز	٢٥,٠٠٠	١٠	زلزال قوى أدى إلى خسف الرمله بأسرها ولم يسلم منه إلا قليل وهلكت آيلة ومن فيها . كان مركز الزلازل البحر الأحمر .
١١٧٠م	حلب وأنطاكية	٨٠,٠٠٠	٩	زلزال قوي بالشام . سقطت الدور على أهلها فى دمشق وحمص وحماه وحلب وبعلبك وأنطاكية .
١٢٠١م	مصر والشام والعراق ودولاً أخرى محيطة	١,١٠٠,٠٠٠	١١	زلزال كارثي مدمر مركزه البحر المتوسط. وصفه المؤرخون بالزلزالة العظمى. أحدث الزلازل موجات سنامية(طوفانات بحرية) عاتيه فى البحر المتوسط ودمرت مدن وقرى بأكملها وأزيلت من فوق سطح الأرض.
١٢٦٨م	شمال سوريا	١٥,٠٠٠	١٠	زلزال قوى .
١٤٥٧م	سوريا و فلسطين	٣٢,٠٠٠	٨	زلزال عنيف .
١٤٨١م	مصر و الشام	٣٠,٠٠٠	٧	زلزال عنيف ضرب عدن وأوقع بها حرائق عظيمة .

تابع جدول رقم (٧)

العام	مكان الزلزال	عدد الضحايا	الشدة التقديرية للزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلزال
١٧٥٢م	سوريا وفلسطين	٢٠,٠٠٠	٨	
١٧٥٩م	دمشق و أنطاكية	٢٠,٠٠٠		
١٨٢٢م	حلب و دمشق و أنطاكية	٢٠,٠٠٠	٩	تهدمت أنطاكية تماما . كما تهدمت أجزاء من حلب و دمشق .

و يتبين من الجدول رقم (٧) أن أهم الزلازل التاريخية القوية بالعالم العربى قد أثرت على مناطق عدن و اليمن و البحر الأحمر و الشام ومصر.

الزلازل التاريخية التى أثرت على مصر :

تعتبر مصر من أوائل الدول التى سجل أبناؤها الأحداث الزلزالية و التى لديها سجلا كاملا للزلازل التاريخية منذ الألفية الثالثة قبل الميلاد . و يعتبر أقدم الزلازل المدونة فى التاريخ هو الزلزال الذى ضرب مدينة تل بسطا نحو عام ٢٢٠٠ قبل الميلاد . و قد أحدث هذا الزلزال خسائر كبيرة فى معابد تل بسطا والمناطق المجاورة ، و مازالت الأحجار المبعثرة فى هذه المعابد شاهدا على هذا الزلزال .

أيضا من الزلازل التى أثرت على مصر الزلزال القوى الذى أثر على واحة سيوة بالصحراء الغربية و كان مركزه إيطاليا. وقد أحدث هذا الزلزال خسائر كبيرة فى واحة سيوة عام ٢٢١ قبل الميلاد . أما جنوب مصر فقد تأثر بزلزال أبو سمبل عام ١٢١٠ قبل الميلاد و زلازل الأقصر أعوام ٦٠٠ ، ٢٧ قبل الميلاد و زلازل جنوب مصر أعوام ٩٦٧ ، ١٧٧٨،

١٨٥٠ ، ١٨٩٩ ميلادية . أيضا تأثرت مناطق البحر الأحمر و خليج العقبة وخليج السويس بعدد من الزلازل التاريخية المدونة بالسجل الزلزالي لمصر.

ويوضح الشكل رقم (٢٦) توزيع الزلازل التاريخية التى حدثت بمصر منذ عام ٢٢٠٠ قبل الميلاد و حتى عام ١٨٩٩ بعد الميلاد. كما يوضح الشكل رقم (٢٧) توزيع الزلازل التاريخية على حدود مصر الخارجية لنفس الفترة . ويوضح الجدول رقم (٨) أهم الزلازل التاريخية التى أثرت على مصر منذ الألفية الثالثة قبل الميلاد وحتى نهاية القرن التاسع عشر وذلك على سبيل المثال لا الحصر .

جدول رقم (٨)

أهم الزلازل التاريخية التى أثرت على مصر

العام	مكان الزلزال	الشدة التقديرية للزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلزال
٢٢٠٠ ق.م	تل بسطا	٧	تهدمت المعابد وحدثت شقوق فى سطح الأرض فى دائرة نصف قطرها ٨٠ كم.
١٢١٠ ق.م	أبو سمبل	٦	تشققت جدران معبد أبو سمبل (معبد رمسيس الثاني).
٦٠٠ق.م	الأقصر	٦	حدوث تهدم بالقلاع والمعابد .
٢٢١ ق.م	واحة سيوه	٧	حدوث تلفيات وإنهيارات إرضية وتدمير شديد بواحة سيوه من تأثير زلزال مركزة إيطاليا ، حيث قدرت الشدة فى المركز بعشرة درجات .
٢٧ ق.م	الأقصر	٦	زلزال كارثي مدمر هدم معظم القرى حول الأقصر وسقوط تمثال ممنون.
٣٢٠م	الإسكندرية	٧	تهدم العديد من المنازل. ويعتقد أن مركز الزلازل هو البحر المتوسط.

تابع جدول رقم (٨)

العام	مكان الزلزال	الشدة التقديرية للزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلزال
٣٥٨م	الإسكندرية	٧	حدوث بعض الخسائر بمدينة الإسكندرية
٣٩٦م	الإسكندرية	٦	حدوث تلقيات بالمبانى القديمة.
٥٢٠م	شمال مصر	٧	زلزال قوى هز مبانى شمال مصر وتأثرت به بعض المدن والقرى.
٥٣٣م	الإسكندرية	٧	مركز الهزة البحر المتوسط . أدى إلى خسائر فى الأرواح.
٧٤٢م	خليج السويس	٦	حدوث تشققات أرضية وبعض الخسائر فى المبانى.
٧٩٦م	الإسكندرية	٧	زلزال مدمر مركزه البحر الأبيض شمال الإسكندرية . أدى إلى سقوط رأس منارة الإسكندرية وحدوث خسائر فى المبانى القديمة .
٨٥٧م	القاهرة	٦	تأثر بالزلازل مناطق واسعة من مصر وأدى إلى تدمير بعض المبانى .
٨٥٩م	بلبيس	٦	زلزال مدمر مركزه بلبيس ، شعر بالزلزال سكان شمال مصر .
٨٨٥م	القاهرة	٧	زلزال شديد قتل الآلاف ودمر العديد من المنازل فى شمال مصر .
٩١٢م	شمال مصر	٧	هزة قوية شعرت بها مصر كلها ويعتقد أن مركزها البحر المتوسط .
٩٣٥م	القاهرة	٨	زلزال دمر العديد من منازل القاهرة .

تابع جدول رقم (٨)

العام	مكان الزلزال	الشدة التقديرية للزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلزال
٩٥٠م	البحر الأحمر	٦	سلسلة من الهزات المتتالية دمرت عــدد مــن المنازل القديمة بالقاهرة .
٩٥١م	الإسكندرية	٧	زلزال مدمر أثر على المنازل الضعيفة ودمرها كاملة .
٩٥٦م	شمال مصر	٧	زلزال مدمر مركزه شرق البحر المتوسط أثــر على الساحل الشمالي لمصر والدلتا .
٩٦٧م	جنوب مصر	٦	زلزال قوى مركزه ساحل البحر الأحمر دمــر أجزاء من معبد الكرنك بالأقصر ٠
١٠٦٨م	خليج العقبة	١٠	زلزال قوى أثر على العديد من مباني القاهرة٠
١١١١م	شرق القاهرة	٧	زلزال مدمر هدم أحد معابد هليوبوليس وبعض مباني القاهرة٠
١٢١٢م	خليج العقبة	٨	زلزال شديد هدم مباني كثيرة بالقاهرة والعقبــة بالأردن٠
١٢٥٩م	شمال مصر	٨	زلزال قوى مركزه البحر المتوسط . تسبب فى موجات سنامية (طــوفانات بحرية) بالساحل الشمالي وأحدث هزة بالقاهرة وعدد من المدن المصرية.
١٢٦٤م	شمال مصر	٧	زلزال قوي دمر عدد من المنازل فــى شــمال مصر .
١٢٩٩م	شمال مصر	٧	زلزال قوي شعر به سكان شمال مصر٠
١٣٠٣م	مصر	١٠	زلزال قوي مروع . شعر به سكان جمــيع مدن مصر من الإسكندرية إلى الأقصر.أحدث موجات سناميه(طوفانات بحرية) عاتية.

تابع جدول رقم (٨)

العام	مكان الزلزال	الشدة التقديرية للزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلزال
١٣٨٥م	شمال مصر	٧	هزتان متتاليتان أثرتا على شمال مصـــر حتي القاهرة .
١٤٢٥م	خليج السويس	٧	زلزلت مصر ثلاث مرات فى يوم واحـــد زلزله قوية وحدوث تدمير لبعض المباني
١٤٣٤م	شمال مصر	٧	زلزال قوي شعر به سكان فـــى القـــاهرة وأحدث تدميراً كبيراً لبعض المباني .
١٥٠٢م	شمال مصر	٦	زلزال قوي أحدث تدميراً ببعض منـــازل القاهرة .
١٥٧٦م	شمال مصر	٧	هزة قوية شعر بها سكان القاهرة وتلتـــها ثلاث هزات ضعيفة.
١٦٩٨م	شمال مصر	٦	شعر بالزلازل سكان مناطق الدلتا وحتـــي الفيوم وأحدث تلفيات بسيطة فـــى بعـــض المنازل .
١٧١٠م	خليج السويس	٦	زلزال متوسط شعر به سكان القاهرة.
١٧٧٨م	جنوب مصر	٦	شعر به سكان طهطا ونجع حمادى ولـــم تسجل أية الخسائر.
١٨١٤م	خليج السويس	٧	زلزال قوي شعر به السكان فـــى شـــمال مصر والقاهرة وسيناء . أثر على مـــآذن جامع الأزهر.
١٨٤٧م	الفيوم	٨	زلزال كارثي مدمر مركزة ٨٠ كم جنوب غرب القاهرة . شعر به سكان مصر كلها. أصيبت آلاف المنازل بأضرار كبـــيرة . تلاه عدد كبير من التوابع .

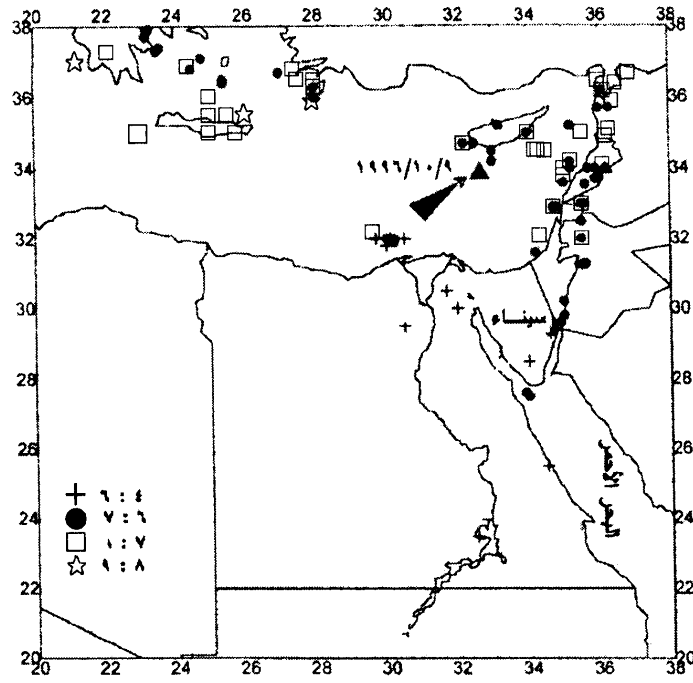
تابع جدول رقم (٨)

العام	مكان الزلزال	الشدة التقديرية للزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلزال
١٨٥٠م	جنوب مصر	٦	زلزال قوي شعر به سكان أسـيوط. وإمتداد وادى النيل . حدوث تشـققات أرضية .
١٨٧٠م	الإسكندرية والدلتا	٧	زلزال بحري قوي بشـرق البحـر المتوسط شعر به سكان الإسـكندرية والدلتا حتى القاهرة . حدثت بعـض الخسائر بالإسكندرية .
١٨٧٣م	شمال مصر	٧	زلزال بشرق البحر المتوسط شعر به سكان شمال مصر حتى القاهرة .
١٨٧٩م	خليج السويس	٦	ثلاث هزات متوسط ومتتالية شـعر بـها سـكان القـاهرة والجـيزة والإسكندرية .
١٨٨٦م	شمال مصر	٦	زلزال قوى بشرق البحر المتوسـط شعر به سكان الساحل الشمالي والدلتا دون حدوث خسائر .
١٨٩٥م	شمال مصر	٦	هزتان متتاليتان شعر بـهما سـكان شمال مصر حتى القـاهرة جنوبـاً وشرقا حتى الإسماعيلية .
١٨٩٩م	جنوب مصر	٦	شعر به سكان صعيد مصر خاصـة الأقصر. وأحدث شروخاً فى معبـد الكرنك .

ويوضح سجل الزلازل التاريخية التي أثرت على مصر (جدول رقم ٨) أن النشاط الزلزالى داخل مصر ينحصر فى بؤر زلزالية فى مناطق: تل بسطا - بلبيس - شمال شرق القاهرة - أبو سمبل - الأقصر - البحر الأحمر - خليج العقبة - شمال البحر الأحمر - خليج السويس - جنوب غرب القاهرة.

شكل رقم (٢٦)

التوزيع الجغرافى للزلازل التاريخية بمصر
من ٢٢٠٠ قبل الميلاد إلى ١٨٩٩ ميلادية
(عن أحمد بدوى ١٩٩٩)



شكل رقم (٢٧)

توزيع الزلازل التاريخية التى حدثت بمصر والمناطق المحيطة بها
خلال الفترة من ١٩٠٠ إلى ١٩٩٦ (رياض وآخرون ١٩٩٩)

كما أن شمال مصر والدلتا والمدن الساحلية تتأثر بالزلازل التي تقع مراكزها فى جنوب أوروبا وشرق البحر المتوسط. وأن الزلازل القوية منها يكون تأثيرها كبير على المدن الساحلية والدلتا.

ويبين السجل الزلزالي التاريخي لمصر أن الزلازل التي أثرت على مدن مصر خلال الخمسة آلاف سنه الماضية قد تراوحت قوتها التقديرية ما بين ٥,٠ - ٥,٦ على مقياس ريختر ، وأن ثلاث منها تضرب مدينة القاهرة كل قرن من الزمان ٠

الزلازل المسجلة
(زلازل القرن العشرين)

مع بداية القرن العشرين ساعدت أجهزة رصد وتسجيل الزلازل التى تم تثبيتها وتشغيلها فى أنحاء المعمورة فى التعرف على أماكن النشاط الزلزالى وحساب قوى الزلازل ومراكزها وعمق بؤرها. وقد ساعد ذلك أيضاً فى التعرف على أماكن النشاط الزلزالى على إمتداد الكرة الأرضية وتحديد أحزمة الزلازل وبؤر النشاط الزلزالى. وقد أدى توفر هذه البيانات من إجراء العديد من الدراسات عن طبيعة مناطق النشاط الزلزالى ودراسة مكامن الخطورة الزلزالية والعمل على التقليل من مخاطرها.

زلازل القرن العشرين التى أثرت على الكرة الأرضية :

ساعدت تسجيلات محطات رصد وتسجيل الزلازل التى تم نشرها على إمتداد الكرة الأرضية من تحليل بياناتها والتعرف على مناطق حدوثها . ويوضح الجدول رقم (٩) بعض الزلازل القوية والمدمرة التى حدثت خلال القرن العشرين والتى أثرت على العديد من مدن ومناطق العالم ، وذلك على سبيل المثال لا الحصر. وقد أوضحت بيانات هذه الزلازل أن معظم الزلازل القوية والمدمرة التى أثرت على الكرة الأرضية تقع مراكزها وبؤرها بمناطق أحزمة الزلازل المتعارف عليها بالمناطق المختلفة من الكرة الأرضية.

شكل رقم (٩)
بعض الزلازل القوية والمدمرة المسجلة والتى أثرت على مناطق مختلفة من الكرة الأرضية خلال القرن العشرين

العام	مركز الزلزال	الدولة	قوة الزلزال	عدد الضحايا	وصف الآثار التدميرية للزلزال
١٩٠٣م	مالازجيرت	تركيا	٦,٣٠	٢,٢٠٠	

تابع جدول رقم (٩)

العام	مركز الزلزال	الدولة	قوة الزلزال	عدد الضحايا	وصف الآثار التدميرية للزلزال
١٩٠٦م	سان فرانسيسكو	الولايات المتحدة الأمريكية	٨,٢٥	٧٠٠	صاحب حدوث الزلزال نشوب حرائق في معظم مناطق المدينة .
١٩٠٨م	ميسينا	إيطاليا	٧,٥٠	١٢٠,٠٠٠	
١٩٠٩م	سيلاكور	إيران	٧,٣٠	٥,٥٠٠	
١٩١٥م	أفيزانو	إيطاليا	٧,٠٠	٣٠,٠٠٠	
١٩٢٠م	كانسو	الصين	٨,٥٠	١٨٠,٠٠٠	
١٩٢٣م	توربات	إيران	٥,٧	٢,٢٠٠	
١٩٢٣م	كانتو	اليابان	٧,٨٠	١٤٢,٨٠٧	صاحب الزلزال حدوث موجات سناميه (طوفانات بحرية) عاتية .
١٩٢٩م		إيران	٧,٢٠	٥,٨٠٣	
١٩٣٢م	كانسو	الصين	٧,٦٠	٧٠,٠٠٠	
١٩٣٥م	كوينا	باكستان	٧,٥٠	٦٠,٠٠٠	
١٩٣٩م	شيلان	شيلي	٧,٧٥	٣٠,٠٠٠	
١٩٣٩م	إريزكان	تركيا	٧,٩٠	٣٠,٠٠٠	
١٩٤٨م		إيران	٧,١٠	١٠,٠٠٠	
١٩٦٠م	جنوب شيلي	شيلي	٨,٥٠	٥,٧٠٠	
١٩٦٢م	شمال غرب إيران	إيران	٧,٣٠	١٤,٠٠٠	
١٩٦٨م		إيران	٧,٤٠	١٢,١٠٠	
١٩٧٠م		بيرو	٧,٨٠	٦٦,٠٠٠	حدوث إنزلاقات أرضية.
١٩٧٢م		إيران	٦,٨٠	٥,٤٠٠	

تابع جدول رقم (٩)

العام	مركز الزلزال	الدولة	قوة الزلزال	عدد الضحايا	وصف الآثار التدميرية للزلزال
١٩٧٥م		تركيا	٦,٧٠	٢ , ٣٠٠	
١٩٧٦م		جواتيمالا	٧,٩٠	٢٢ , ٠٠٠	
١٩٧٦م		تركيا	٧,٣٠	٥ , ٠٠٠	
١٩٧٦م	تانجشان	الصين	٧,٦٠	٢٤٢ ,٠٠٠ (؟)	
١٩٧٨م		إيران	٧,٨٠	١٥ ,٠٠٠	
١٩٨١م		إيران	٧,٣٠	١٥ , ٠٠٠	
١٩٨٥م	مكسيكوسيتى	المكسيك	٨,١٠	٩ , ٥٠٠	
١٩٨٨م	إريفان	إرمينيا	٦,٨٠	٢٥ , ٠٠٠	
١٩٩٠م	غرب إيران	إيران	٧,٥٠	٥٠ , ٠٠٠	
١٩٩٣م	لانور	الهند	٦,٢٠	٩ , ٧٥٠	
١٩٩٥م	كوبي	اليابان	٦,٩٠	٥ ,٢٠٠	
١٩٩٩م	إزميت	تركيا	٧,٢٠	١٥, ٠٠٠	
١٩٩٩م		تايوان	٧,٦٠	٢, ٥٠٠	

التاريخ الزلزالى الحديث للمنطقة العربية :

ساعدت محطات رصد وتسجيل الزلازل بالمنطقة العربية ، خاصة محطات الرصد الزلزالى التى بدأ عملها بمصر منذ بداية القرن العشرين، فى تسجيل الزلازل التى أثرت على المنطقة العربية . وقد إنتشرت حالياً بالمنطقة العربية العديد من شبكات ومحطات رصد الزلازل حتى غطت مناطق كثيرة من المنطقة . ويوضح الجدول رقم (١٠) أهم الأحداث الزلزالية المسجلة بالمنطقة العربية خلال القرن العشرين .

جدول رقم (١٠)

أهم الزلازل المسجلة التى أثرت على المنطقة العربية

خلال القرن العشرين

التاريخ	مركز الزلزال	الدولة	قوة الزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلازل
١٩٢٧/٧/١١م	أريحا	فلسطين	٦,٢٥	هزة أرضية قوية راح ضحيتها ٤٠٠ شخص وهدم عدد من المنازل فى فلسطين والأردن .
١٩٢٩/١/٢٢م		جيبوتي	٥,٢٠	
١٩٤١/١/١١م	صعده	اليمن	٥,٨٠	هزة كارثيه أصابت صعده باليمن تبعها عدد من الهزات الخفيفة ،هدم عدد كبير من المنازل بسبب الإنزلاقات الأرضية التى أوقعت خسائر كبيرة فى الأنفس والأموال. قتل ١٢٠٠ شخص وتضررت من جراء الزلزال مناطق صنعاء وجيزان.
١٩٤٦/٧/٢٧م		العراق	٥,٤٠	
١٩٥١/١/١٠م	شرق البحر المتوسط	مصر والشام	٥,٧٠	شعر به سكان فلسطين وشمال مصر حتى القاهرة،
١٩٥٤/٩/٩م	الأصنام	الجزائر		زلزال كارثي ضرب المدينة ودمر أجزاء كبيرة منها وراح ضحيته ١٦٠٠ شخص،
١٩٥٥/٣/١٦م		لبنان	٥,٨٠ ،٦,٠٠	هزتان متتاليتان فى منطقتين متجاورتين، حدوث خسائر بشرية قدرها ٢٨٤ شخص ،

تابع جدول رقم (١٠)

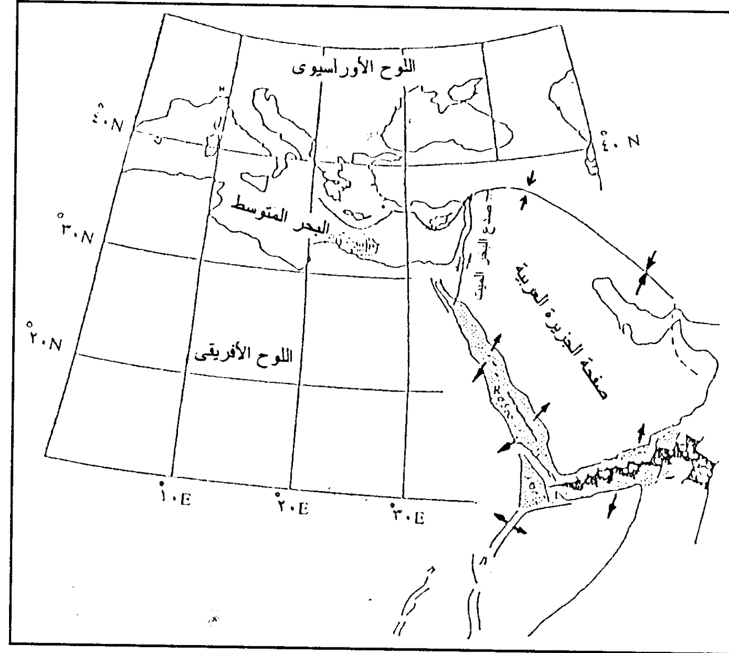
التاريخ	مركز الزلزال	الدولة	قوة الزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلازل
١٩٥٥/١٠/١٨م	صعده	اليمن	٥,٠٠	زلزال قوى ضرب شمال اليمن٠
١ / ٣ /١٩٦٠م	أغادير	المغرب	٥,٩٠	زلزال كارثى مدمر أصاب المدينة ودمر ثلثها تقريباً ٠ وبلغت الخسائر البشرية ٠٠٠ , ١٤ نفس ٠
١٩٨٠/١٠/١٠م	الأصنام	الجزائر	٧,٧٠	زلزال كارثى مدمر راح ضحيته ٥٠٠٠ نفس وتشرد ٩٠٠٠ أخرى . أعقب الزلزال عدد من الهزات اللاحقة ٠ أتلفت البنايات والمنازل فى دائرة قطرها ٣٥ كم٠
١٩٨٢/١٢/١٣م	صنعاء	اليمن	٥,٧٠	زلزال كارثى مدمر ضرب منطقة زمار وصنعاء وهز اليمن كلها ٠ قتل نحو ٢٨٠٠ نسمة ودمرت العديد من القرى تدميراً كاملاً ٠
١٩٩١/١١/٢٢م	العدين	اليمن	٤,٤٠	زلزال متوسط أحدث أضرراً بالمنازل فى منطقة العدين وقتل ١١ شخصاً ٠

ويتضح من السجل الزلزالى الحديث (خلال القرن العشرين) للمنطقة العربية أن المناطق المتأثرة بالنشاط الزلزالى هى مناطق جنوب البحر الأحمر (اليمن - جيبوتى) والشام (منطقة البحر الميت) وخليج العقبة وخليج السويس وشمال البحر الأحمر ومنطقة جبال أطلس فى كل من الجزائر والمغرب٠

التاريخ الزلزالي الحديث لمصر:

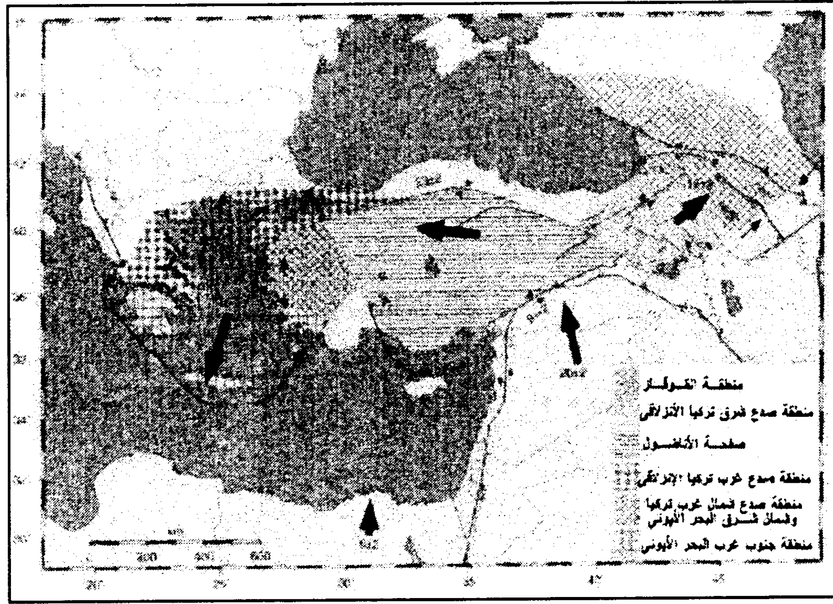
لكي تتفهم طبيعة النشاط الزلزالي داخل مصر والمناطق المحيطة بها فانه يلزم أولاً التعرف على الطبيعة التكتونية للمنطقة الإقليمية المحيطة بمصر. حيث تقع مصر فى شمال شرق الصفحة الإفريقية التى يحدها من الشمال الصفحة الأورو آسيوية ومن الشرق الصفحة العربية (شكل رقم ٢٨). وتلتقي الصفحة الإفريقية والصفحة الأورو آسيوية بمنطقتي الحزام الهيلينى وحزام قبرص بمنطقة شرق البحر المتوسط، وهى منطقة تصادم بين كل من اللوح الإفريقى واللوح الأورو آسيوي. ويمتد كل من الحزام الهيلينى وحزام قبرص شرقاً إلى صفحة الأناضول التى يحدها عن الصفحة العربية صدع شرق الأناضول الذى يمتد إلى جبال زاجروس فى الإتجاه الجنوبي الشرقي محدثاً التقاء الصفحة العربية والصفحة الأورو آسيوية . ويحد الصفحة العربية عن الصفحة الأفريقية أخدود البحر الأحمر الذى يمتد شمالاً إلى خليج العقبة وصدع البحر الميت ليلتقي مع فالق شرق الأناضول وجنوبا إلى منطقة الصدع الإفريقى العظيم .

ولكي تتفهم الدور الذى تلعبه حدود التقاء هذه الصفحات (الألواح) التكتونية المشكلة للمنطقة الإقليمية التى تقع مصر فى وسطها فإنه يلزم التعرف على طبيعة الحركة النسبية بين هذه الألواح التكتونية ومعدلات هذه الحركة . حيث يوضح الشكل رقم (٢٨) عناصر التركيب التكتونى لمنطقة شرق البحر المتوسط وحدود التقاء الصفحات التكتونية وحركتها النسبية . كما توضح الأشكال أرقام (٢٩ ، ٣٠) معدلات التحركات النسبية الحديثة للقشرة الأرضية والألواح التكتونية بالمنطقة محسوبة من قياسات الإحداثيات الأرضية باستخدام القياسات الجيوديسية الفضائية (أجهزة بث الليزر وأجهزة خط الأساس الراديومترى الطويل) وأجهزة النظام العالمي لتعيين الإحداثيات GPS على الترتيب.



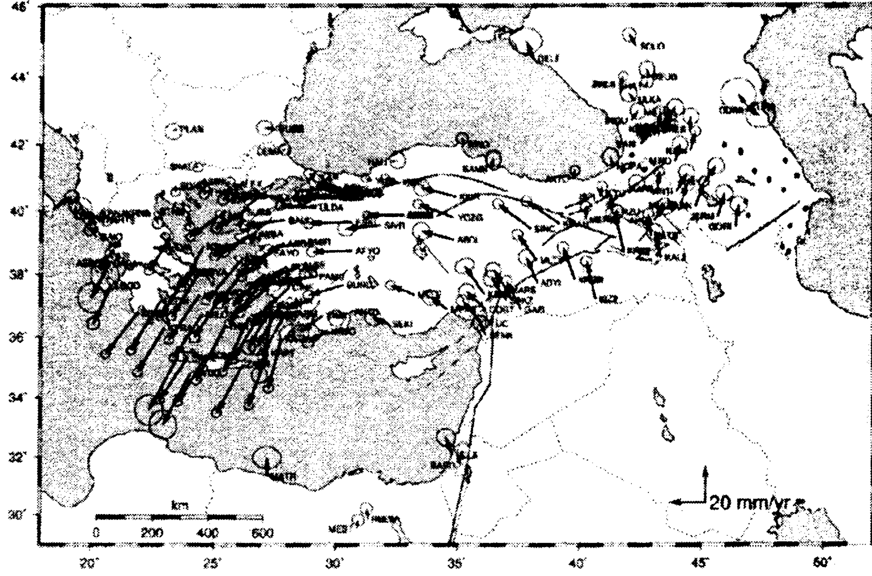
شكل رقم (٢٨)

الصفحات التكتونية المشكلة لمنطقة شرق البحر المتوسط



شكل رقم (٢٩)

معدلات الحركة النسبية الحديثة للقشرة الأرضية والليثوسفير
بمنطقة شرق البحر المتوسطة محسوبة من القياسات الجيوديسية الفضائية



شكل رقم (٣٠)

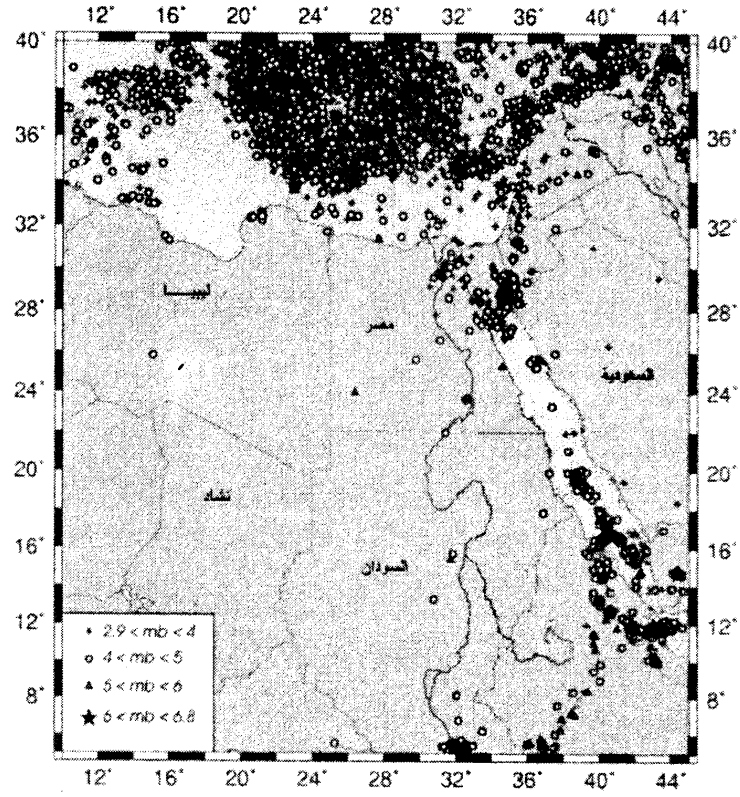
معدلات الحركة النسبية الحديثة للقشرة الأرضية والليثوسفير

بمنطقة شرق البحر المتوسطة محسوبة من القياسات الجيوديسية بأجهزة النظام العالمى للإحداثيات GPS

وتعتبر مناطق إلتقاء الصفحات (الألواح) التكتونية مناطق نشاط زلزالي مرتفع ، حيث تتراوح أعماق بؤر الزلازل بمنطقة شرق البحر المتوسط ما بين ٣٠-٥٠٠ كم (شكل رقم ٣١) . ويتمركز النشاط الزلزالى بمناطق الحزام الهيليني وحزام قبرص بالمواجهة للشاطئ المصري الشمالى. أيضاً تعتبر منطقة شرق الأناضول والبحر الميت وإمتداده إلى خليج العقبة والبحر الأحمر حتى القرن الإفريقى مناطق نشاط زلزالي، كما أن منطقة خليج السويس وشمال البحر الأحمر من المناطق النشطة زلزالياً ، ويؤثر هذا النشاط الذى يحدث بهذه المناطق تأثيرا كبيراً على شمال مصر خاصة المدن الساحلية والدلتا وسيناء وإمتداد وادى النيل .

ونظراً لأنه لا يمكن فصل التاريخ التركيبى (التكتونى) لمصر عبر العصور الجيولوجية المختلفة عن التاريخ التكتونى للمناطق المحيطة بها ، فقد أثرت الحركات التكتونية الآتيه منفردة ومجتمعه على التراكيب السطحية وتحت السطحية بمصر والمتمثلة فى :

- الحركة التكتونية المؤثرة داخل القارة الإفريقية.
- حركة إنفتاح أخدود البحر الأحمر وتباعد الصفحة العربية والصفحة الإفريقية.
- الحركات التكتونية المؤثرة على البحر الأبيض وما صاحبها من وحركة تصادم بين اللوح الإفريقى واللوح الأور آسيوي.
- الحركة الإزاحية لصدع البحر الميت وخليج العقبة وعلاقتها بصدع شرق الأناضول شمالاً .



شكل رقم (٣١)

التوزيع الجغرافى للنشاط الزلزالى بمنطقة

شرق البحر المتوسط وشمال شرق إفريقيا عن الفترة من ١٩٧٣م إلى ٢٠٠٠م

وقد أدت هذه الحركات التكتونية إلى تكون الفوالق والصدوع والطيات والمنخفضات ذات الإمتدادات الجغرافية المختلفة. ويحدث النشاط الزلزالي الحديث داخل مصر على بعض هذه الفوالق والصدوع مشكلاً بؤر النشاط الزلزالي فى مناطق متفرقة منها. ولكل منطقه منها طبيعتها الخاصة التي تحكمها التراكيب الجيولوجية المشكلة لقشرتها الأرضية والفوالق والصدوع المؤثرة عليها ونشاطها الحديث . ومن هذه المناطق :

- منطقة جنوب غرب القاهرة.
- منطقة خليج العقبة وشمال سيناء .
- منطقة خليج السويس وشمال البحر الأحمر .
- منطقة ساحل البحر الأحمر.
- منطقة شمال شرق القاهرة.
- بعض المناطق على إمتداد وادى النيل .
- منطقة الجلف الكبير .
- منطقة جنوب مصر .

جدول رقم (١١)

الزلازل المتوسطة والقوية التى تم تسجيلها
بأجهزة رصد وتسجيل الزلازل خلال القرن العشرون

التاريخ	مركز الزلزال	قوة الزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلزال
٦/٣/١٩٠٠م	خليج السويس	٦,٢	زلزال قوي مركزة خليج السويس أثر على بعض المنازل فى مناطق الزعفرانه وغارب والمغارة فى سيناء وأدى إلى إنهيارات صخرية ، كما أثر على دير سانت كاترين بسيناء .
٢٦/١٢/١٩٠٦م	الغردقة		تأثر بالزلزال بعض المناطق المطلة على ساحل البحر الأحمر .

تابع جدول رقم (١١)

التاريخ	مركز الزلزال	قوة الزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلزال
١٩٢٠/١٠/١م	الفيوم	٦,٠	أحس به سكان الفيوم والقاهرة وجنوب الدلتا.
١٩٥١/١/١٠م	البحر الميت	٥,٧	زلزال شديد شعر به السكان في سيناء وبورسعيد والقاهرة .
١٩٥١/٥/٢٨م	شرق البحر المتوسط	٦,٦	زلزال قوى رج مدينه الإسكندرية .
١٩٥٢/٣/٢٧م	جزيرة شدوان	٥,٠	زلزال متوسط شعر به سكان مدينة الغردقة وشمال البحر الأحمر.
١٩٥٥/٩/١٢م	شرق البحر المتوسط	٦,٨	زلزال قوي شعر به سكان مصر كلها وأحدث دماراً محدوداً فى مدن الإسكندرية ورشيد وإدفو ودمنهور والمحمودية وأبو حمص وبعض مناطق الدلتا . قتل ٢٢ شخصاً معظمهم من الرعب .
١٩٥٥/١١/١٦م	أبو دباب (ساحل البحر الأحمر)	٥,٥	شعر به سكان وادى النيل من القاهرة إلى أسوان ، ولم تحدث خسائر .
١٩٦٩/٣/٣١م	جزيرة شدوان	٦,٣	زلزال قوى ضرب جزيرة شدوان شمال البحر الأحمر وجنوب خليج السويس . أحدث الزلزال شقاً طولياً موازياً لإتجاه خليج السويس وتشققات فى التربة بنفس الإتجاه . ظهرت بعض الشعاب المرجانية فوق سطح البحر . شعر بالزلزال سكان وادى النيل والقاهرة والدلتا . إستمرت توابع الزلزال حوالي شهرين .

تابع جدول رقم (١١)

التاريخ	مركز الزلزال	قوة الزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلزال
١٩٧٠/٣/٢٠م	خليج السويس	٥,٦	شعر به سكان شرق الدلتا والقاهرة.
١٩٧٢/٦/٢٨م	جزيرة شدوان	٥,٠	شعر به سكان مدينة الغردقة وما حولها.
١٩٧٤/٤/٢٩م	أبو حماد	٤,٩	شعر به بقوة سكان الدلتا والأسماعلية والقاهرة ٠
١٩٧٨/٨/٨م	الجلف الكبير (جنوب غرب مصر)	٥,٩	يعد أكبر زلزال تم تسجيله فى جنوب غرب الصحراء المصرية ٠بؤرته على عمق ١٠ كم ، ولم يشعر به أحداً لوقوعه فى منطقة صحراويه ٠
١٩٨١/١١/١٤م	فالق كلابشة (جنوب أسوان)	٥,٦	زلزال متوسط شعر به سكان أسوان حتى أسيوط شمالاً ٠ أحدث ذعراً فى منطقة أسوان ٠ نتج عن الزلازل شقوق كبيرة فى صخور الضفة الغربية لبحيرة ناصر وأحدث إنزلاقات أرضية فى صخور الضفة الشرقية للبحيرة ٠
١٩٨٣/٢/٣م	خليج العقبة	٤,٩	زلزال متوسط شعر به سكان مناطق العقبة ونويبع وطابا. تبعه ٥٦ هزة تراوحت قوتها ما بين ١,٧ إلى ٤,٨ على مقياس ريختر٠

تابع جدول رقم (١١)

التاريخ	مركز الزلازل	قوة الزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلزال
١٩٨٤/٣/١٥م	وادى حجول (جنوب غرب السويس).	٤,٧	زلزال متوسط بؤرته على عمق ١٠ كم . شعر به سكان السويس والإسماعلية والقاهرة ٠
١٩٨٤/٧/٢م	أبو دباب	٥,١	زلزال متوسط بؤرته على عمق ١٢كم . هز مدن أسوان وقنا والقصير .
١٩٩٢/١٠/١٢م	دهشور (جنوب غرب القاهرة)	٥,٨	زلزال كارثي بؤرته على عمق ٢٥كم . هدم الكثير من المباني القديمة بمدينة القاهرة وبعض محافظات مصر الغربية وأحدث تلفيات ببعض المباني الحديثة والأثرية . راح ضحية الزلزال ٥٦١ نفساً وأصيب ١٥٠٠ آخرون بسبب الذعر وتدافع المواطنين والطلبة في المدارس.
١٩٩٥/١١/٢٢م	خليج العقبة	٧,٢	زلزال قوي هز مصر والأردن وفلسطين والسعودية. تسبب فى تدمير ميناء نويبع وأحد الفنادق وحدوث شروخ فى المناطق الصحراوية المحيطة وإنهيارات جبلية وحدوث شروخ فى بعض المباني والطرق .

تابع جدول رقم (١١)

التاريخ	مركز الزلازل	قوة الزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلزال
١٩٩٥/١٢/١١م	خليج العقبة	٤,٧	شعر به سكان القاهرة وبعض محافظات مصر ، كما شعر به سكان الأردن وجنوب فلسطين .
١٩٩٦/١٠/٩م	شرق البحر المتوسط (قبرص)	٦,٢	زلزال قوي مركزه قبرص . شعر به سكان مصر ودول حوض شرق البحر المتوسط . بلغ عدد توابع الزلزال حوالي ١٥٠ تابعاً في يوم واحد.
١٩٩٧/١/١٣م	شرق البحر المتوسط (جنوب قبرص)	٥,٩	زلزال متوسط مركزه جنوب قبرص شعر به سكان مدينة بورسعيد ومدن وقرى شمال الدلتا.
١٩٩٧/١٠/١٣م	شرق البحر المتوسط (كريت)	٦,٧	زلزال قوى مركزه جزيرة كريت شعر به سكان مدينة الإسكندرية ومدن وقرى الدلتا حتى القاهرة .
١٩٩٧/١١/١٨م	شرق البحر المتوسط (كريت)	٦,٧	زلزال قوى مركزه جزيرة كريت شعر به سكان مدينة الإسكندرية ومدن وقرى الدلتا حتى القاهرة .
١٩٩٨/٣/٩م	شرق البحر المتوسط (كريت)	٦,١	زلزال قوى مركزه جزيرة كريت شعر به سكان الإسكندرية ومرسى مطروح والساحل الشمالي ومدن وقرى الدلتا .
١٩٩٨/٥/٢٨م	شمال مرسى مطروح	٦,٠	زلزال قوى شعر به بشدة سكان مرسى مطروح والإسكندرية ومدن الدلتا ولم تحدث خسائر ٠

تابع جدول رقم (١١)

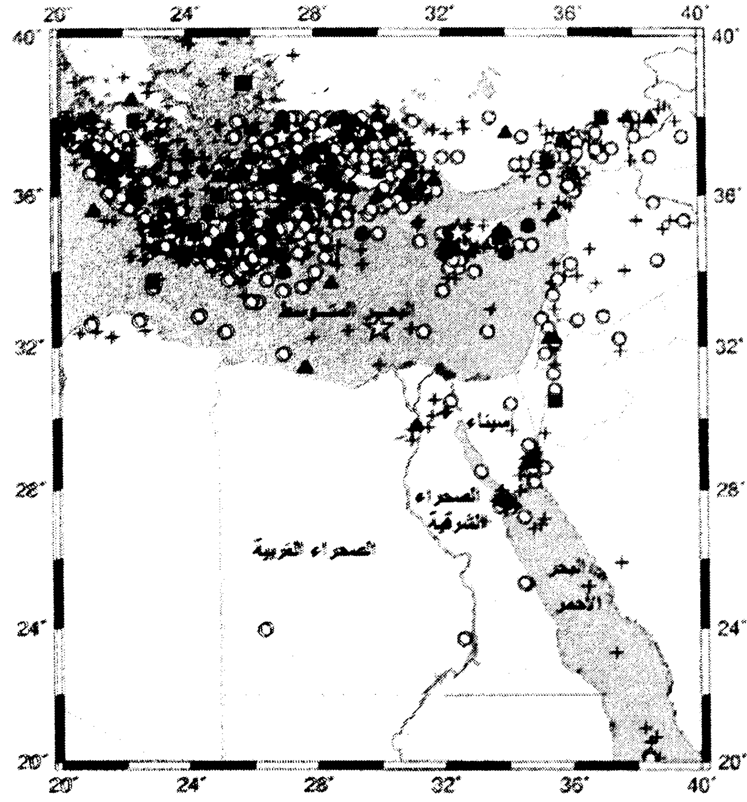
التاريخ	مركز الزلازل	قوة الزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلزال
١٩٩٨/٦/٢٧م	شرق البحر المتوسط (قبرص)	٦,٣	زلزال قوى مركزه جزيرة قبرص شعر به سكان مدن الساحل الشمالى ومدن وقرى الدلتا حتى القاهرة .
١٩٩٨/١٢/١٤م	سوهاج	٥,٤	زلزال متوسط شعر به سكان مدن وقرى جنوب الدلتا والقاهرة ووادى النيل حتى سوهاج ، ولم تحدث خسائر .
١٩٩٩/١٠/١١م	بنى سويف	٥,٠	زلزال متوسط شعر به سكان مدن وقرى جنوب مصر، ولم تحدث خسائر .
١٩٩٩/١٢/٢٨م	جنوب شرق بلبيس	٤,٤	هزة متوسطة شعر بها سكان القاهرة ومدن وقرى محافظة الشرقية ومدينة العاشر من رمضان، ولم تحدث خسائر .

ويوضح الشكل رقم (٣٢) توزيع النشاط الحديث داخل مصر والمناطق المحيطة بها خلال الفترة من ١٩٠٠ إلى ١٩٩٩ والتي ساعد على رصدها وتسجيلها وتحليل بياناتها محطات الرصد الزلزالى التي تم تركيبها وتشغيلها بالمنطقة منذ تشغيل أول محطة لتسجيل الهزات الأرضية بحلوان عام ١٨٩٨، ويضم الجدول السابق رقم (١١) الزلازل المتوسطة والقوية التي تم تسجيلها بأجهزة رصد الزلازل المصرية خلال القرن العشرون.

ويتضح من البيانات السابق ذكرها فى الجداول أرقام (٦ - ١١) عن

التاريخ الزلزالى للكرة الأرضية والتاريخ الزلزالي للمنطقة العربية والتاريخ الزلزالى لمصر يتضح وجود تفاوت كبير فى الآثار التدميرية للزلازل التي تحدث على إمتداد الكرة الأرضية بالمقارنة بقوتها والطاقة المنبعثة عنها. فهناك زلازل قوية أحدثت خسائر قليلة وزلازل متوسطة بل ودون المتوسط أحدثت دماراً كبير، حيث يتوقف مدي الدمار الناتج عن الزلازل على عوامل كثيرة متداخلة منها :

- **قوة الزلازل وعمق بؤرتها** : حيث أنه على الرغم من أن قوة الزلزال وطاقته المتحررة تعتبر من العوامل المؤثرة والمؤدية إلى الدمار كلما زادت القوة إلا أن عمق البؤرة يعتبر أيضاً عاملاً كبيراً فى زيادة الخسائر والدمار خاصة كلما كانت بؤرة الزلزال غير عميقة.
- **إستمرارية الهزة الأرضية** : وهى أيضاً من العوامل عظيمة التأثير ، حيث أنه كلما زاد زمن الهزة الأرضية كلما كان الدمار النتائج عنها كبيراً .
- **طبيعة باطن الأرض التي تنتشر فيها موجات الزلازل** : حيث تختلف سرعات موجات الزلازل باختلاف نوعيات صخور الأرض وصلابتها ومدى تشبعها بالمياه .
- **ملاءمة تصميم المباني والمنشآت لتحمل الهزات الأرضية** : حيث أن المبانى التي يتم تصميمها لتلائم طبيعة المنطقة المقامة عليها ومدى النشاط الزلزالى بها تكون عاملاً مساعداً فى التقليل من مخاطر الزلازل عن المباني التي لا يراعى فى إنشائها طبيعة النشاط المؤثر على المنطقة المقامة عليها.
- **نوعية الصخور المقامة عليها المنشآت والمبانى** : حيث أن التربات الطينية والرمليه تقوم عادة بتكبير الموجات الزلزالية التى تمر فيها بخلاف الصخور الصلبة كالجرانيت والبازلت .



شكل رقم (٣٢)

النشاط الزلزالى بمصر والمناطق المحيطة بها

خلال الفترة من ١٩٠٠ إلى ١٩٩٩ (قوة ≥ ٤,٥)

ومن إستعراض التاريخ الزلزالى لمصر خلال الستة آلاف سنة الماضية (الجداول أرقام ٨ ،١١) ، أمكن تصنيف الزلازل التى تحدث بمصر من وجهة النظر التكتونية إلى ثلاث أنواع هى:

(١) **زلازل تحدث بالقرب من حدود الألواح التكتونية** ، منها :

- زلازل شرق البحر المتوسط.
- زلازل خليج العقبة و صدع البحر الميت.
- زلازل شمال البحر الأحمر وجنوب خليج السويس.
- زلازل البحر الأحمر.

(٢) **زلازل بركانية** ، منها :

- زلازل جزر البحر الأحمر وساحل البحر الأحمر .

(٣) **زلازل تحدث داخل الالواح التكتونية** ، منها :

- زلازل جنوب غرب الدلتا.
- زلازل شمال شرق القاهرة.
- زلازل تحدث فى بعض المناطق على إمتداد وادى النيل.
- زلازل جنوب مصر.

والزلازل التى تحدث بالقرب من حافة الألواح التكتونية هى أكثرها تكرارية وأعظمها قوة ، أما الزلازل التى تحدث فى مناطق التصدع وضعف القشرة الأرضية داخل الألواح التكتونية فهى الأقل تكرارية والأقل قوه. والزلازل البركانية عادة ما تكون قوتها دون المتوسطه أو الضعيفة وتحدث أيضاً بمناطق ضعف بالقشرة الأرضية أو مناطق تحول بين القشرة القارية والقشرة المحيطية .

مناطق النشاط الزلزالي
داخل مصر والمناطق المحيطة بها

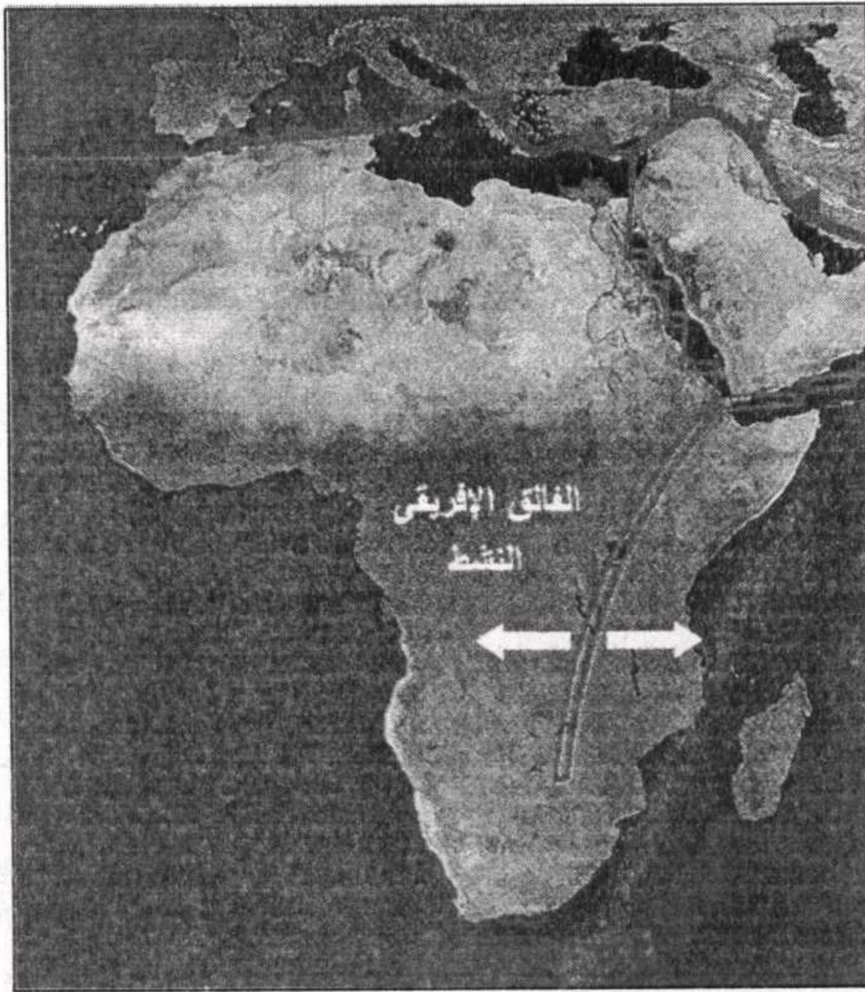
بناءا على بيانات الزلازل التاريخية والزلازل الحديثة المسجلة التى تم تجميعها وترتيبها وتبويبها تم تصنيف مناطق النشاط الزلزالى داخل مصر والمناطق المحيطة بها الى ثلاثة أنواع هى :

- مناطق النشاط الزلزالى بالقرب من حدود الألواح التكتونية .
- مناطق النشاط الزلزالى البركانى .
- مناطق النشاط الزلزالى داخل الألواح التكتونية .

وقد أمكن تحديد مناطق النشاط الزلزالى داخل مصر والمناطق المحيطة بها ، التى نذكر نبذة عنها فيما يلى :

١) مناطق النشاط الزلزالى بالقرب من حدود الألواح التكتونية :

كما سبق أن ذكرنا ، تقع مصر فى شمال شرق الصفحة الإفريقية ويحدها من الشمال الصفحة الأورآسيوية ومن الشرق الصفحة العربية. حيث تلتقى الصفحة الإفريقية والصفحة الأوروآسيوية بمنطقة البحر المتوسط، التى تعتبر منطقة تصادم بين الصفحتين (شكل رقم ٢٨). حيث ينغمس (يغوص) اللوح الإفريقى أسفل اللوح الأوروآسيوى بسبب حركة اللوح الأوروآسيوى الضاغط على اللوح الإفريقى والتى ينتج عنها حدوث زلازل على حدود التقاء اللوحين. وتقترب منطقة التصادم بين اللوحين من القارة الأوروبية بمنطقة شرق البحر المتوسط حيث يلتقى اللوحان بمنطقة الحزام الهيلينى والحزام القبرصى، وتقترب منطقة التصادم من القارة الإفريقية بمنطقة غرب البحر المتوسط (شكل رقم ٣٣). ويفصل أخدود البحر الأحمر بين الصفحة الإفريقية والصفحة العربية. وتحصر الصفحات الثلاثة: الصفحة العربية - الصفحة الإفريقية - الصفحة الأوروآسيوية فيما بينها صفحة ثانوية هى صفحة شبة جزيرة سيناء (شكل رقم ٢٨) .



حدود تصادم حدود تقارب حدود تباعد

شكل رقم (٣٣)

حدود الصفحات التكتونية المشكلة للقشرة الأرضية والليثوسفير
بمناطق شرق البحر المتوسطة والجزيرة العربية وإفريقيا

ومناطق إلتقاء الصفحات والألواح التكتونية المحيطة بمصر هى مناطق نشـاط زلـزالي مـرتفع فى العـدد والقـوة (شكل رقم ٣٢) . ويؤثر هذا النشاط الزلزالي على شمال مصر خاصة منها مناطق الدلتا وسيناء ومدن الساحل الشمـالي ، كما يؤثر هذا النشاط الزلزالي فى أحيان أخرى على وادى النيل .

وفيما يلى أهم مناطق النشاط الزلزالى على حدود الألواح التكتونية المحيطة بمصر :

أ) منطقة شرق البحر المتوسط :

تعتبر منطقة شرق البحر المتوسط من أكثر المناطق المحيطة بمصر نشاطاً (شكل رقم ٣٤) ، حيث يصل مدى النشاط الزلزالى الى المتوسط وفوق المتوسط وتكراريته العالية . وتضم منطقة شرق البحر المتوسط مناطق الحزام الهيلينى الممتد جنوب جزيرة كريت والحزام القبرصى الذى يمتد الى صفحة الأناضول ليلتقى مع صدع شرق الأناضول . كما تضم المنطقة أيضاً مناطق البحر الأيونى وجنوب اليونان وغرب تركيا المعروفة بنشاطها الزلزالى المتكرر على فترات زمنية صغيرة . وتقع مناطق النشاط الزلزالى بشرق البحر المتوسط على حدود التقاء الصفحتين الإفريقية والأوروآسيوية حيث يحدث تصادم بين اللوحين وإنغماس (غوص) اللوح الإفريقيى أسفل اللوح الأوروآسيوى وحدوت النشاط الزلزالى بمناطق التصادم .

وتؤثر الزلازل التى تحدث بمنطقة شرق البحر المتوسط تأثيرا مباشرا على مدن الساحل الشمالى لمصر من سيدى برانى غرباً الى رفح شرقاً . كما تؤثر الزلازل القوية منها والأكثر قرباً من السواحل المصرية على منطقة دلتا نهر النيل وحتى القاهرة .

وقد أوضح السجل الزلزالى التاريخى لمصر والزلازل المسجلة خلال

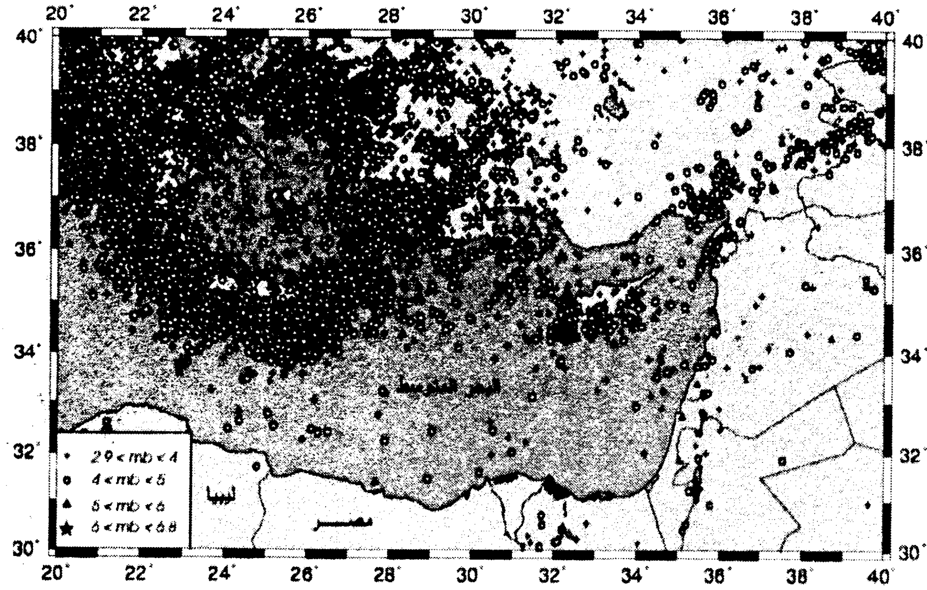
القرن العشرين حدوث العديد من الزلازل القوية بمنطقة شرق البحر المتوسط وتأثيرها على مدن الشمال المصرى الساحلية مثل الإسكندرية ورشيد ودمياط وبور سعيد ، وتأثيرها أيضاً على مدن وقرى الدلتا حتى القاهرة ، وفى بعض الأحيان يصل تأثير بعض الزلازل التى تحدث بمنطقة شرق البحر المتوسط إلى بعض مدن وادى النيل .

ب) منطقة خليج العقبة وصدع البحر الميت :

تعتبر مناطق خليج العقبة وصدع البحر الميت وإمتداده حتى التقائه مع صدع شرق الأناضول (شكل رقم ٣٥) من أكثر المناطق المحيطة بمصر والملاصقة لها نشاطاً ، حيث سجل عن المنطقة نشاطها الزلزالى المتوسط وفوق المتوسط وتكراريته العالية . ومناطق النشاط الزلزالى بخليج العقبة وصدع البحر الميت تقع على حدود التقاء كل من الصفحة العربية والصفحة الثانوية لشبة جزيرة سيناء وصدع شرق الأناضول وحدود التقائه مع الصفحة الأوروآسيوية . والحركة التكتونية التى تحكم خليج العقبة وصدع البحر الميت هى حركة إزاحة أفقية ينتج عنها نشاط زلزالى على فترات زمنية قصيرة .

ومنطقة خليج العقبة لها نشاطها الزلزالى المرتفع قوة وعدداً وتكرارية عن منطقة صدع البحر الميت . ويؤثر النشاط الزلزالى بمنطقة خليج العقبة تأثيراً كبيراً على المناطق المحيطة بالخليج خاصة منها مناطق شمال مصر وسيناء وشرق دلتا نهر النيل ، ويمتد تأثير الزلازل القوية منها إلى شمال وادى النيل .

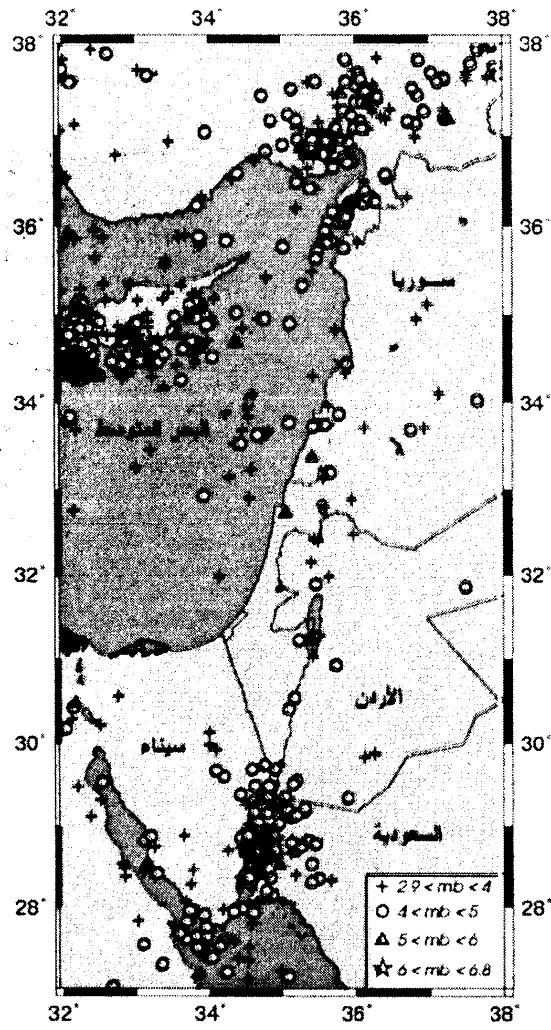
وقد أوضح السجل الزلزالى التاريخى لمصر والزلازل المسجلة خلال القرن العشرين حدوث عدد من الزلازل القوية بمنطقة خليج العقبة وتأثيرها على شمال مصر وسيناء ووادى النيل ومنها على سبيل المثال زلزال ٢٢ نوفمبر ١٩٩٥ الذى أحس به سكان سيناء والقاهرة والدلتا ووادى النيل.



شكل رقم (٣٤)

التوزيع الجغرافى للنشاط الزلزالى بمنطقة شرق البحر المتوسط

خلال الفترة من ١٩٧٣م إلى ٢٠٠٠م



شكل رقم (٣٥)

التوزيع الجغرافى للنشاط الزلزالى

بمنطقة خليج السويس وصدع البحر الميت

جـ) منطقة شمال البحر الأحمر وخليج السويس :

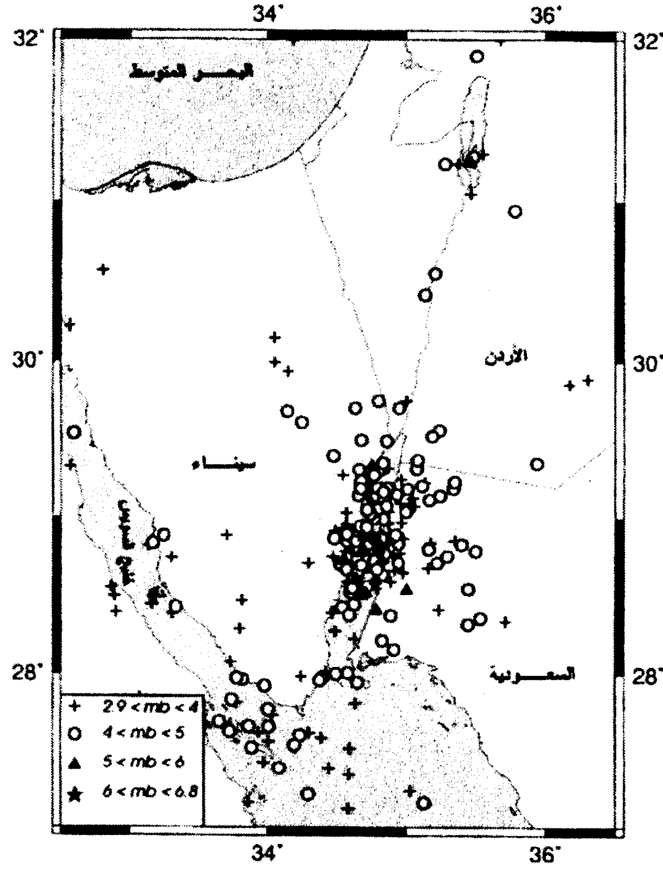
تعتبر منطقة شمال البحر الأحمر وخليج السويس من مناطق النشاط الزلزالى على حدود الألواح التكتونية داخل مصر (شكل رقم ٣٦) . والمنطقة تظهر نشاطاً زلزالياً متوسط وفوق المتوسط فى المنطقة جنوب خليج السويس (شمال البحر الأحمر) ونشاطاً زلزالياً متوسط ودون المتوسط بخليج السويس. والمنطقة تقع على حدود التقاء الصفحة الإفريقية والصفحة الثانوية لشبة جزيرة سيناء .

والمنطقة الواقعة عند التقاء خليج العقبة مع شمال البحر الأحمر وخليج السويس هى أكثر المناطق زلزالية ومن أكثرها نشاطاً المنطقة الواقع بها جزيرة شدوان . وتؤثر الزلازل التى تحدث بهذه المنطقة على مناطق وادى النيل حتى القاهرة شمالاً .

وقد أوضح السجل الزلزالى التاريخى والزلازل الحديثة المسجلة خلال القرن العشرين حدوث زلازل مؤثرة بهذه المنطقة وتأثر مناطق وادى النيل والقاهرة بالزلازل التى ضربت جزيرة شدوان جنوب خليج السويس أعوام ١٩٦٩ ، ١٩٧٢ .

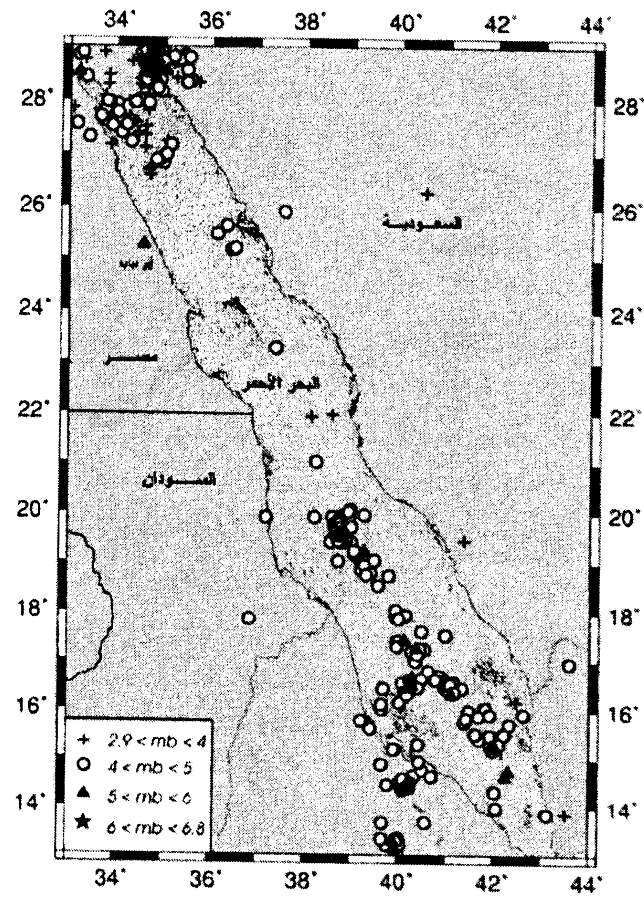
د) منطقة البحر الأحمر :

يفصل أخدود البحر الأحمر بين الصفحة العربية والصفحة الإفريقية ويمتد البحر الأحمر من جنوب خليج السويس وخليج العقبة الى منطقة مضيق باب المندب والقرن الإفريقى (شكل رقم ٣٧) . ويعتبر مضيق باب المندب أضيق موقع فى البحر الأحمر حيث يتصل البحر الأحمر بالمحيط الهندى . ويمثل قاع البحر الأحمر خط التقاء اللوح الإفريقى ولوح الجزيرة العربية ، ويتسع قاع البحر الأحمر بإستمرار نتيجة زحف هذين اللوحين بعيداً عن بعضهما البعض .



شكل رقم (٣٦)

التوزيع الجغرافى للنشاط الزلزالى
بمنطقة شمال البحر الأحمر وخليج السويس وخليج العقبة



شكل رقم (٣٧)

التوزيع الجغرافى للنشاط الزلزالى

بالبحر الأحمر

وتظهر عدد من مناطق البحر الأحمر نشاطها الزلزالى ، حيث تقع بؤر كثير من الزلازل على خط التقاء اللوحين التكتونيين فى وسط قاع البحر الأحمر . ويزداد النشاط الزلزالى فى الأجزاء الوسطى والجنوبية من البحر الأحمر خاصة فى منطقة القشرة المحيطية منه ، ويمتد النشاط الزلزالى الى منطقة الأخدود الإفريقى العظيم (شكل رقم ٣٧) . والزلازل التى تحدث فى الأجزاء الوسطى والجنوبية من البحر الأحمر ليس لها تأثير على مصر .

٢) مناطق النشاط الزلزالى البركانى :

تتميز مناطق النشاط الزلزالى البركانى بحدوث زلازل صغيرة القوة ، إلا أنة فى بعض الأحيان تحدث زلازل متوسطة القوة بهذه المناطق . ويحدث النشاط الزلزالى البركانى بمناطق البحر الأحمر وساحل البحر الأحمر الغربى داخل مصر ، حيث يوجد عدد من الجزر البركانية وسط البحر الأحمر فى منطقة إتساع قاع البحر حيث تندلع البراكين ويسجل عنها حدوث زلازل ضعيفة القوة أو دون المتوسطة .

ومن أشهر مناطق النشاط الزلزالى البركانى داخل مصر منطقة أبو دباب التى تقع على ساحل البحر الأحمر. ومنطقة أبو دباب من المناطق الزلزالية المعروفة (شكل رقم ٣٧). وقد أخذت المنطقة إسمها من كثرة ما يسمعه سكان المنطقة من دبيب مميز لحركة الحمم فى باطن الأرض . ويتصف النشاط البركانى بالمنطقة بأنه محلى محدود التأثير وحدوث حشد من الهزات الضعيفة ودون المتوسطة . إلا أنه فى بعض الأحيان تكون الزلازل متوسطة القوة وتؤثر على بعض مناطق وادى النيل . وقد أوضح السجل الزلزالى التاريخى لمصر والزلازل الحديثة المسجلة خلال القرن العشرين حدوث زلازل من هذا النوع بمنطقة أبو دباب .

ويوجد أيضاً منطقة أخرى ذات نشاط زلزالى محلى محدود على ساحل البحر الأحمر بالقرب من منطقة أبو دباب تسمى أبو مدافع ، وهى أيضاً منطقة نشاط زلزالى بركانى المنشأ .

٣) مناطق النشاط الزلزالى داخل اللوح التكتونى :

والمقصود هنا باللوح التكتونى هو اللوح الإفريقى ، الذى تقع مصر فى شماله الشرقى . ويتميز النشاط الزلزالى بشمال شرق اللوح التكتونى الإفريقى بالطول النسبى للفاصل الزمنى لتكرارية الزلازل . وتقع الزلازل عادة فى مناطق تصدع تقل حركتها النسبية كثيراً عن حركة الصدوع الموجودة على حواف الألواح التكتونية . ومن مناطق النشاط الزلزالى داخل مصر ما يلى :

أ) منطقة جنوب غرب الدلتا :

تشمل مناطق الفيوم وجنوب غرب القاهرة . والمنطقة يحدث بها نشاط زلزالى متوسط (شكل رقم ٣٨) . وقد شهدت المنطقة ثلاثة أحداث زلزالية كبيرة أحدها خلال القرن التاسع عشر سنة ١٨٤٧ (زلازل تاريخية - جدول رقم ٨) والآخران خلال القرن العشرون أعوام ١٩٩٢،١٩٢٠ (زلازل حديثة مسجلة - جدول رقم ١١). والفاصل الزمنى بين الأول والثانى ٧٣ سنة وبين الثانى والثالث ٧٢ سنة .

وقد حدث زلزال ١٢ أكتوبر ١٩٩٢ على صدع قديم من الشرق إلى الغرب وتبع الزلزال الرئيسى عدد كبير من التوابع . وقد سبب الزلزال إماعة للتربة الطينية والرملية المشبعة بالماء فى المناطق القريبة من مركز الزلزال . كما صاحب الزلزال هبوط لضفاف الترع والقنوات والطرق المعبدة والمناطق الزراعية فى الفيوم والجيزة. ويوضح الشكل رقم (٥) توزيع شدة زلزال ١٢ أكتوبر ١٩٩٢ .

ب) منطقة شمال شرق القاهرة :

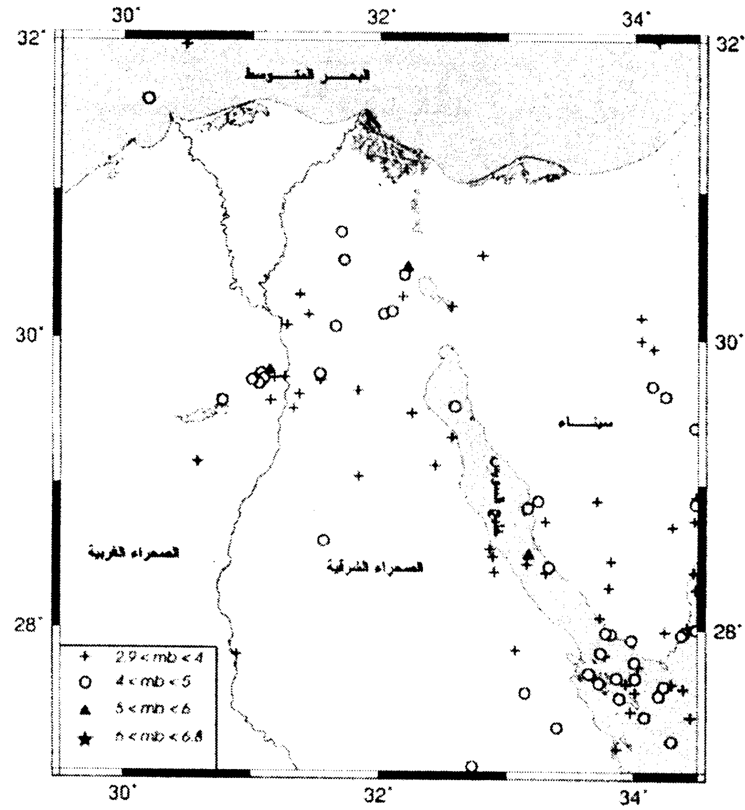
وتشمل المنطقة الممتدة شمال شرق القاهرة فيما بين القاهرة والإسماعيلية والسويس . يحدث بالمنطقة نشاط زلزالى متوسط ودون المتوسط (شكل رقم ٣٨) . وقد أوضح السجل الزلزالى التاريخى لمصر حدوث زلزال تل بسطا عام ٢٢٠٠ قبل الميلاد وهو أقدم الزلازل المدونة فى التاريخ وزلزال بلبيس عام ٨٥٩ ميلادته . وفى القرن العشرين تم تسجيل عدد من الزلازل بمناطق أبو حماد (١٩٧٤ م)، وبلبيس (١٩٩٩ م) .

جـ) مناطق النشاط الزلزالي على إمتداد وادي النيل :

أوضح السجل الزلزالى التاريخى لمصر (جدول رقم ٨) حدوث عدد من الزلازل المتوسطة ودون المتوسطة على إمتداد وادى النيل ومنها زلزال الأقصر عام٦٠٠ قبل الميلاد ، زلزال الأقصر عام ٢٧ قبل الميلاد ، زلزال طهطا ونجع حمادى عام ١٧٧٨ ميلادية وزلزال أسيوط عام ١٨٥٠ ميلادية. وفى القرن العشرين تم تسجيل زلزالين متوسطى القوة بمناطق سوهاج عام ١٩٩٨ ميلادية وبنى سويف عام ١٩٩٩ ميلادية . وقد أدى زلزال الأقصر عام ٦٠٠ قبل الميلاد إلى حدوث تهدم بمعابد الأقصر ، كما أدى زلزال عام ٢٧ قبل الميلاد إلى سقوط تمثال ممنون . أما زلازل القرن العشرين فلم يحدث عنها أية خسائر مادية أو بشرية .

د) مناطق جنوب مصر :

تأثرت مناطق جنوب مصر بثلاثة زلازل تاريخية (جدول رقم ٨) ، الأول منها زلزال أبو سمبل عام ١٢١٠ قبل الميلاد . وقد أدى هذا الزلزال الى تشقق جدران معبد أبو سمبل (معبد رمسيس الثانى) ، والثانى حدث بالقرب من ساحل البحر الأحمر عام ٩٦٧ ميلادية وأدى الى تدمير أجزاء من معبد الكرنك بالأقصر، والثالث حدث عام ١٨٩٩ ميلادية وأحدث شروخاً بمعبد الكرنك .



شكل رقم (٣٨)

النشاط الجغرافى للنشاط الزلزالى

بمناطق شمال - شرق وجنوب - غرب القاهرة

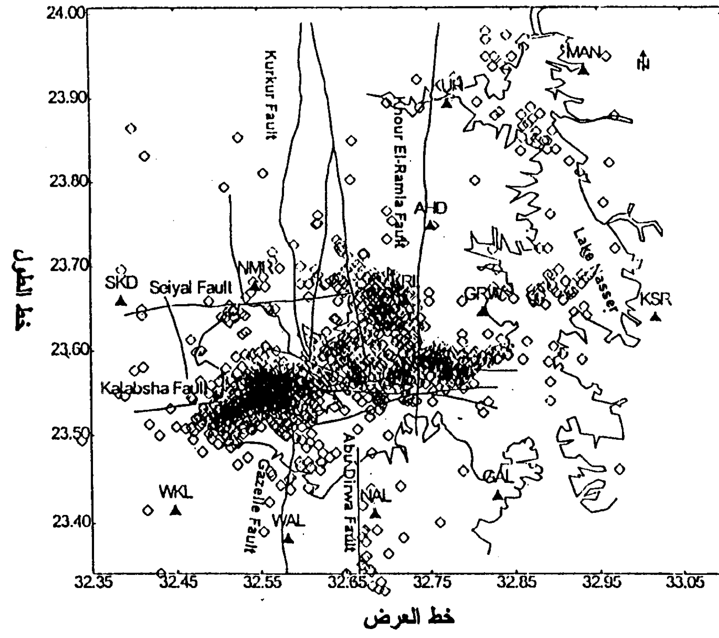
أما فى القرن العشرين ، فقد تم تسجيل زلزال متوسط بمنطقة الجلف الكبير ، جنوب غرب مصر ، عام ١٩٧٨ ميلادية ، ولم يحدث عنه أية خسائر لوقوعه فى منطقة صحراوية. وفى ١٤ نوفمبر ١٩٨١ م ضرب زلزال متوسط منطقة كلابشة جنوب أسوان ، وشعر به سكان وادى النيل حتى أسيوط شمالاً ، ونتج عن الزلزال شقوق كبيرة فى صخور الضفة الغربية لبحيرة ناصر وإنزلاقات أرضية فى صخور الضفة الشرقية للبحيرة . وقد وقع الزلزال على فالق كلابشة بمنطقة خور كلابشة أكبر المناطق إتساعاً بمنطقة بحيرة ناصر . وقد تأثرت المنطقة بالعديد من التوابع ، كما إستمر النشاط الزلزالى مختلفاً فى القوة والعدد حتى الآن .

ونظراً لأهمية السد العالى ومنشآته الحيوية ، حظيت منطقة شمال بحيرة ناصر بالعديد من الدراسات والبحوث لتفهم طبيعة المنطقة والتقليل من مخاطر الزلازل على جسم السد العالى ومنشآته الحيوية . حيث قام المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية بالتعاون مع الهيئة العامة للسد العالى وخزان أسوان بإنشاء شبكة تليمترية لرصد الزلازل مكونه من ثلاث عشر محطة زلازل حقلية موزعة حول الجزء الشمالى من بحيرة ناصر (شكل رقم ٢٣) . وهذه المحطات لها من الحساسية الفائقة ما يمكنها من تسجيل هزات أرضية متناهية الصفر . وتدار المحطات الحقلية بالطاقة الشمسية وترسل بياناتها بواسطة موجات الراديو الى مركز الزلازل الإقليمى بأسوان (مدينة صحارى) . والمركز مجهز بأجهزة إستقبال بيانات المحطات الحقلية وأجهزة تسجيل مرئية (موجية) ورقمية تسمح بالمراقبة المستمرة للنشاط الزلزالى على مدى ٢٤ ساعه يومياً ، وأجهزة لتحليل بيانات الزلازل وتحديد مواقعها وتقدير قوتها .

وقد أوضحت الدراسات والبحوث التى أجريت على المنطقة منذ عام ١٩٨٢ وحتى الآن ، للتعرف على طبيعة المنطقة وأسباب حدوث الزلازل بها

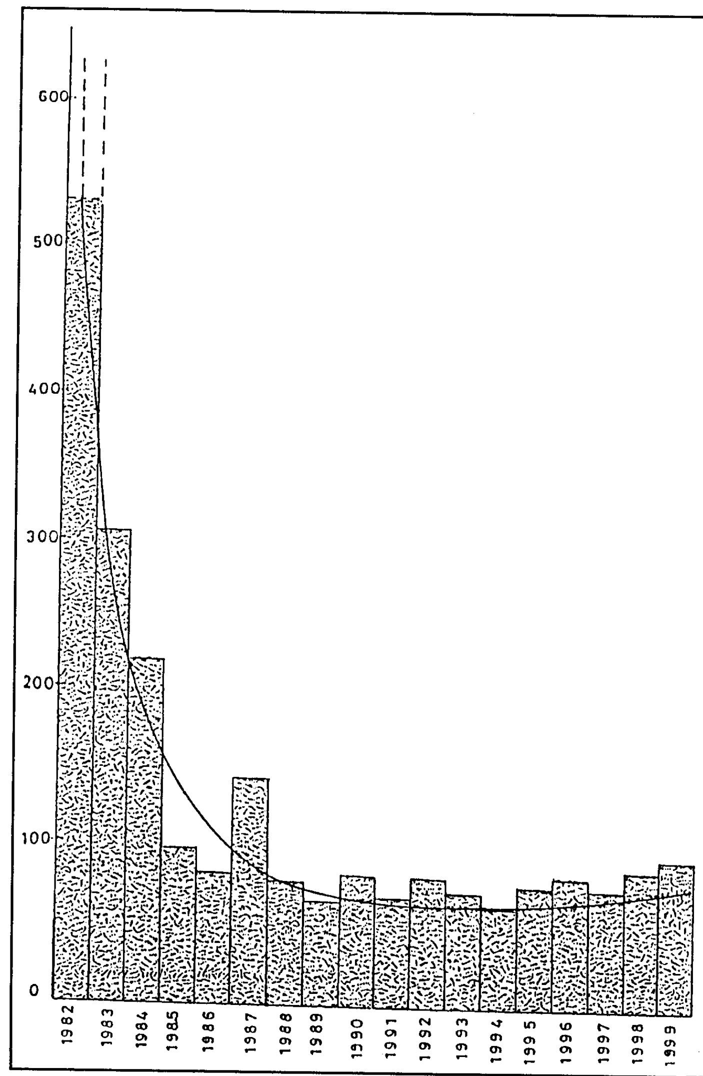
وديناميكية الزلازل والفوالق النشطة أن معدل النشاط الزلزالى فى تناقص تدريجى ، كما أن الزلازل المسجلة بالمنطقة تتراوح قوتها ما بين ١-٣ درجة على مقياس ريختر . أما الزلازل التى تزيد قوتها عن ٣ درجة على مقياس ريختر فهى قليلة العدد . ويمثل الشكل رقم (٣٩) التوزيع الجغرافى للنشاط الزلزالى خلال الفترة من يوليو ١٩٨٢ حتى نهاية ديسمبر ١٩٩٩ ، كما يمثل الشكل رقم (٤٠) عدد الزلازل المسجلة كل عام خلال الفترة من يوليو ١٩٨٢ وحتى نهاية ديسمبر ١٩٩٩ . حيث يتضح من الشكل رقم (٣٩) أن النشاط الزلزالى بمنطقة شمال بحيرة ناصر يتركز بمنطقة خور كلابشة ، كما يوضح الشكل رقم (٤٠) التناقص التدريجى لعدد الزلازل المسجلة سنوياً منذ عام ١٩٨٢ وحتى الآن . وهذا التناقص التدريجى يتوافق مع طبيعة البحيرات الصناعية على مستوى العالم ، حيث أوضحت الدراسات التى أجريت على هذه البحيرات إتفاقها فى إضمحلال النشاط الزلزالى بمناطق هذه البحيرات مع الزمن . أيضاً يوضح الشكل رقم (٤١) العلاقة بين التغير فى منسوب المياه فى بحيرة ناصر وعدد الزلازل المسجلة فى منطقة شمال البحيرة خلال الفترة من يوليو ١٩٨٢ وحتى ديسمبر ١٩٩٩ . حيث يتضح من الشكل رقم (٤١) أن العلاقة بين منسوب المياه فى بحيرة ناصر وعدد الزلازل لا تخضع لمعدلات الملء والتفريغ فى البحيرة .

أيضاً أوضحت الدراسات التى أجريت على المنطقة حدوث الزلازل على عدد من الفوالق النشطة بالمنطقة أهمها فالق كلابشة الذى يمتد من الشرق الى الغرب . ويعتبر فالق كلابشة هو الأكثر نشاطاً وهو المصدر الرئيسى للنشاط الزلزالى . كما أوضحت الدراسات التى أجريت على المنطقة أن وجود خور كلابشة هو الذى ساعد على إمتداد مياه البحيرة الى مسافة ٤٠ كم للغرب وأدى الى تسرب مياه البحيرة فى مساحات كبيرة من الصخر



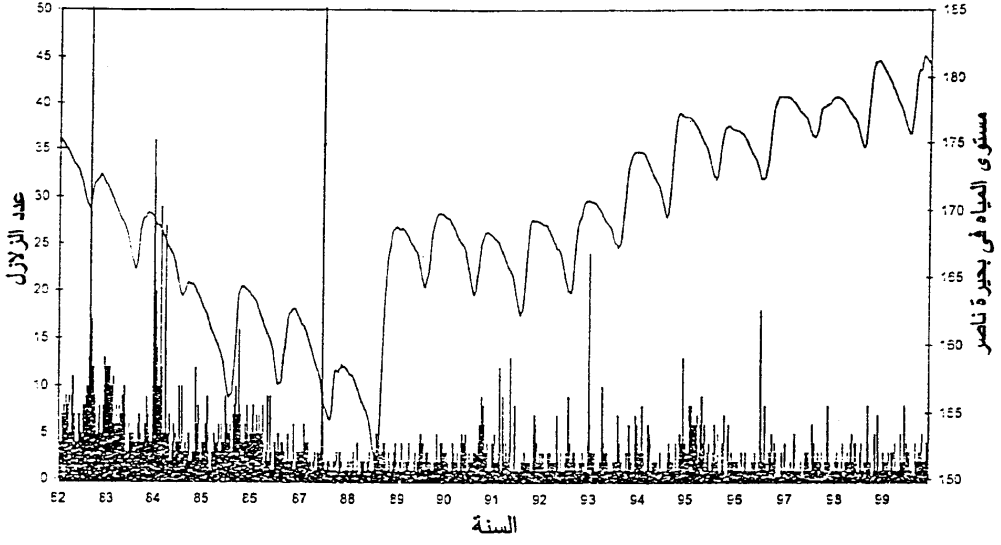
شكل رقم (٣٩)

التوزيع الأفقى للنشاط الزلزالى
حول الجزء الشمالى لبحيرة ناصر
خلال الفترة من يناير ١٩٨٢ إلى ديسمبر ١٩٩٩



شكل رقم (٤٠)

عدد الزلازل المسجلة خلال الفترة من يوليو ١٩٨٢
إلى نهاية ديسمبر ١٩٩٩ بمنطقة شمال بحيرة ناصر



شكل رقم (٤١)

العلاقة بين التغير فى مستوى المياه فى بحيرة ناصر وعدد الزلازل المسجلة في منطقة شمال البحيرة خلال الفترة من يوليو ١٩٨٢ إلى ديسمبر ١٩٩٩

النوبى الذى كان جافاً من قبل ، مما أدى إلى كبر مساحة البحيرة وزيادة تأثير مياه البحيرة والمياه المتسربة إلى مسام الحجر الرملى النوبى على المنطقة . وبذلك أصبح تأثير البحيرة مزدوجاً . أحدهما تأثير المياه فى البحيرة والثانى تشبع الحجر الرملى النوبى بالمياه بما فيها تشبع الفوالق بالمنطقة بالمياه مما أدى إلى تسهيل حركة الفالق وبدء نشاطه الحديث وتجمع طاقة الإجهاد على سطحه ، والتى عند تحررها وانطلاقها تحدث الزلازل .

أما لماذا تأخر حدوث النشاط الزلزالي إلى عام ١٩٨١ ، مع أن ملء بحيرة ناصر قد بدأ عام ١٩٦٤ ؟ .. فذلك يرجع الى أن وادى كلابشة لم تدخله المياه إلا عام ١٩٧٠ ولم يكتمل ملء الخور وتشبع المنطقة حول الخور بالمياه المتسربة إلى الحجر الرملى النوبى وتشبع فالق كلابشة بمياه البحيرة حتى عام ١٩٨١ ، مما أدى إلى حركة الفالق وتحرر الطاقة المتجمعة محدثة زلزال ١٤ نوفمبر ١٩٨١ .

وقد تعددت وتنوعت الدراسات والبحوث التى أجريت على المنطقة لتقييم المخاطر الزلزالية ودراسة التحركات الحديثة للقشرة الأرضية المصاحبة لحدوث الزلازل ودراسة ميكانيكية حركة فالق كلابشة ودراسة تأثير الزلازل ومعدلات التحركات الرأسية والأفقية على جسم السد العالى والمناطق المحيطة به ودراسة ثبات وإتزان جسم السد العالى وإنشاء خرائط النطاقات السيزمية (الشدة الزلزالية) لمنطقة جنوب مصر ودراسة طبيعة انتشار موجات الزلازل بالمنطقة ، وذلك بهدف التعرف الكامل على طبيعة المنطقة للعمل على تقليل المخاطر الزلزالية والتحركات المصاحبة لها على جسم السد العالي ومنشآته الحيوية .

وكل هذه الدراسات مجتمعة أدت إلى الإطمئنان على سلامة جسم السد العالي ومنشآته الحيوية ، والحصول على نتائج ساعدت فى التعرف على طبيعة المنطقة والوقوف على أسباب حدوث الزلازل بها وتعيين معدلات تحركات القشرة الأرضية (الأفقية والرأسية) الحديثة وإنشاء وخرائط النطاقات الزلزالية للمنطقة .



الفصل الرابع

التقليل من مخاطر الزلازل

التنبؤ بحدوث الزلازل

التنبؤ بحدوث المخاطر الطبيعية ومنها الزلازل من الأهداف التى تسعى البشرية إليها منذ أمد طويل ... إلا أن التنبؤ بحدوث الزلازل ، وهى أحد الأخطار الطبيعية شديدة التأثير على البشرية ، مازال أمراً صعباً حتى الآن نظراً لأن الزلزال ظاهرة طبيعية تحدث فى باطن الأرض وتحكمها العديد من العمليات الجيولوجية والديناميكية . لذا فإن التنبؤ بحدوث الزلازل، الذى لم يتحقق حتى الآن ، مازال أملا تنشده البشرية فى المستقبل وتسعى إلية بكافة وسائل التقنيات والدراسات الحديثة .

ويتطلب التنبؤ بوقوع الزلازل تحديد ما يلى :

- مواقع حدوثها (مركز الزلزال) .
- قوتها المحتملة .
- زمان وقوعها.

والتنبؤ بحدوث الزلازل ، من الدراسات الحديثة التى بدأت فى العديد من المعاهد العلمية المتخصصة . وتعتمد هذه الدراسات على البيانات المتجمعة من مناطق النشاط الزلزالى المختلفة على إمتداد الكرة الأرضية والتى يتم التعامل معها للحصول منها على ما يساعد فى توقع حدوث الزلازل ... ومن هذه البيانات ما يلى :

(١) بيانات النشاط الزلزالي التاريخي والنشاط الزلزالي الحديث:

تساعد بيانات النشاط الزلزالي التاريخي من التعرف على طبيعة مناطق النشاط الزلزالي والربط بينها وبين النشاط الزلزالي الحديث للتعرف على أماكن حدوثها ومعدلات تكراريتها ومدى تأثيرها على المناطق القريبة من مراكزها.

كما تتيح بيانات النشاط الزلزالي الحديث التى تم الحصول عليها من تسجيلات الزلازل بمحطات رصد الزلازل المنتشرة فى كافة أنحاء المعمورة، مزيداً من التعرف على طبيعة مناطق النشاط الزلزالى وطبيعة إنتشار موجات الزلازل فى الصخور المختلفة للقشرة الأرضية فى مناطق النشاط الزلزالى والمناطق المجاورة . أيضاً تتيح هذه البيانات فى التعرف على مدى تكرارية النشاط الزلزالى وقوته وميكانيكية حدوثه بمناطق النشاط الزلزالي ودراسة إحتمالية تكرارية هذا النشاط فى المستقبل .

أيضاً تساعد البيانات المتوافرة عن النشاط الزلزالى التاريخي والحديث على إجراء العديد من الدراسات التى تساعد فى التعرف على مناطق الخطورة الزلزالية والعمل على التقليل من مخاطر الزلازل وتحديد الإحتياجات اللازمة لتصميم منشآت مقاومة للزلازل لكل منطقة حسب طبيعتها .

(٢) بيانات الدراسات الجيولوجية التفصيلية :

تتيح بيانات الدراسات الجيولوجية التفصيلية التعرف على أماكن الصدوع والفوالق وتاريخها الجيولوجى وتكرارية نشاطها فى العصور الجيولوجية المختلفة وتحديد مدى نشاطها وتحركاتها الحديثة .

وتساعد هذه البيانات فى التعرف على طبيعة مناطق النشاط الزلزالى عبر العصور الجيولوجية المتعاقبة وتكرارية حدوث النشاط الزلزالى ومدى إحتمالية حدوث نشاط حديث بهذه المناطق فى المستقبل .

(٣) بيانات الدراسات الجيوفيزيقية التفصيلية :

تساعد بيانات الدراسات الجيوفيزيقية التفصيلية التى يمكن تجميعها عن مناطق النشاط الزلزالى بتطبيق العديد من طرق الإستكشاف الجيوفيزيقى (التثاقلية - المغناطيسية - السيزمية ... ألخ)، من التعرف

على التراكيب الجيولوجية تحت السطحية وإمتداد الصدوع والفوالق تحت سطح الأرض ومدى تأثيرها على القشرة الأرضية والليثوسفير وعلاقتها بالنشاط الزلزالى بهذه المناطق .

وتتيح هذه البيانات مزيداً من التعرف على طبيعة مناطق النشاط الزلزالى ودراسة أسباب حدوث النشاط الزلزالى بها وإحتمالية تكرارها .

(٤) بيانات دراسات تحركات القشرة الأرضية :

تساعد بيانات دراسات تحركات القشرة الأرضية على تعيين معدلات هذه التحركات عبر العصور الجيولوجية المتعاقبة ودراسة علاقتها وإرتباطها بالتاريخ الزلزالى لمنطقة الدراسة . كما تساعد بيانات ودراسات التحركات الحديثة للقشرة الأرضية ، الأفقية والرأسية ، التى تستخدم فيها التقنيات الحديثة والمتطورة لمراقبة هذه التحركات وحساب معدلاتها ومقدار الطاقة المتجمعة عنها ، على التعرف على طبيعة مناطق الدراسة ومدى إحتمالية حدوث النشاط الزلزالى بها والربط أيضاً بين معدلات هذه التحركات والنشاط الزلزالى المسجل بهذه المناطق .

أيضاً تتيح البيانات المتجمعة عن تحركات القشرة الأرضية إجراء العديد من الدراسات التى تساعد على التقليل من مخاطر هذه التحركات على المنشآت الحيوية والمناطق العمرانية وتحديد أنسب السبل لعمل الإنشاءات المقاومة للنشاط الزلزالى وتحركات القشرة الأرضية بهذه المناطق .

(٥) بيانات التغير فى منسوب المياه الجوفية ودرجة حرارتها :

تحدث حركة صخور القشرة الأرضية وإنتشار موجات الزلازل بها تضاغطاً وتخلخلاً متتابعاً يؤدى إلى تغير منسوب المياه الجوفية فى الطبقات الحاوية لها . أيضاً يعمل إحتكاك الصخور أثناء حركتها على تولد

حرارة ينتج عنها زيادة حرارة الصخور الملاصقة للصدوع التى تحدث عليها الحركة وتنتقل منها إلى الطبقات الحاوية للمياه الجوفية عند ملامستها لها ويؤدى ذلك بدوره إلى إرتفاع درجة حرارة المياه ، وهى الظاهرة التى يمكن رصدها داخل آبار المياه بمناطق النشاط الزلزالى بإستخدام أجهزة تسجيل خاصة .

وتعتبر هذه الظاهرة من الشواهد والمدلولات الهامة على حدوث تحركات القشرة الأرضية المصاحبة لحدوث الهزات الأرضية ومؤشراً مبكراً عن حدوث النشاط الزلزالى .

(٦) بيانات إنبعاث غاز الرادون المشع :

غاز الرادون من الغازات الخاملة المشعة الذى ينبعث عبر الفواصل والشقوق الموجودة فى بعض صخور القشرة الأرضية عند حدوث حركة عليها وإحتكاكها. ويزداد معدل إنبعاث غاز الرادون المشع بزيادة معدلات تحركات القشرة الأرضية وإحتكاكها وإرتفاع درجة حرارتها.

ويعتبر إنبعاث غاز الرادون وإنتشاره عبر فواصل وشقوق الصخور من الشواهد والمدلولات عن حدوث تحركات مصاحبة لحدوث النشاط الزلزالى، لذا يعتبر تغير نسبة غاز الرادون فى الآبار والكهوف أحد المؤشرات الهامة عن حدوث النشاط الزلزالى.

(٧) بيانات السلوك الغير طبيعي لبعض الحيوانات :

لاحظ بعض العلماء أن لبعض فصائل الحيونات رد فعل وسلوك غير طبيعى عند شعورها بالهزات الأرضية التى تسبق الزلزال الرئيسى والتى قد لا يشعر بها البشر وتسجلها أجهزة رصد وتسجيل الزلازل فقط. كما لاحظ العلماء أيضاً أن لبعض هذه الحيوانات حساسية عالية ورد فعل

سريع للموجات الأولى الناتجة عن الزلازل ، لذا إعتبرت هذه الظاهرة من المؤشرات المبكرة عن حدوث النشاط الزلزالى.

وكما ذكرنا من قبل يتطلب التنبؤ بالزلازل أو توقع حدوث نشاط زلزالى الإجابة عن الأسئلة الثلاثة التالية :

(١) أين يحدث الزلازال القادم ؟

(٢) ما هى القوة المحتملة لهذا الزلزال ؟

(٣) متى يحدث الزلزال القادم ؟

وتختلف درجة الدقة فى الإجابة عن كل سؤال منها بإختلاف البيانات والمؤشرات والمدلولات التى يتم تجميعها عن مناطق النشاط الزلزالى وأيضاً طرق تحليل هذه البيانات .

فمثلاً بالنسبة للسؤال الأول ... أين يحدث الزلزال القادم ؟ ... تعتمد درجة الدقة فى الإجابة عنه على توافر بيانات التاريخ الزلزالى للمنطقة وبيانات الزلازل الحديثة وبيانات التاريخ الجيولوجي والدراسات الجيولوجية و الجيوفيزيقية التفصيلية وأيضاً بيانات دراسات تحركات القشرة الأرضية فى العصور الجيولوجية المختلفة والتحركات الحديثة للقشرة الأرضية ومعدلاتها والتعرف على نوعية الوحدات التركيبية التى تحدث عليها هذه التحركات. وتزداد درجة الدقة فى الإجابة عن هذا السؤال كلما توافرت المزيد من هذه البيانات . أيضاً إذا ما أتيح مراقبة التغير فى منسوب المياه الجوفية ودرجة حرارتها ومراقبة التغير فى نسبة غاز الرادون المنبعث من صخور القشرة الأرضية فإن بياناتهما تعطى مؤشرات مبكرة عن طبيعة مناطق النشاط الزلزالى وتوقعات حدوث النشاط الزلزالى بهذه المناطق . وتساعد هذه البيانات مجتمعة فى التعرف بدرجة عالية من الدقة على أماكن حدوث الزلازل ومعدل تكراريتها ، مع

الأخذ فى الإعتبار ظاهرة هجرة الزلازل على إمتدا أحزمة الزلازل ، والتى تعنى إنتقال النشاط الزلزالى من منطقة لأخرى عبر هذه الأحزمة المتعارف عليها .

أما عن السؤال الثانى... ما هى القوة المحتملة لحدوث الزلازل القادم... ومقدار الطاقة المتحررة عنه ؟... فتعتمد درجة الدقة فى الإجابة عنه على توافر بيانات التاريخ الزلزالى للمنطقة شاملاً جميع البيانات المتاحة عن الزلازل التاريخية والزلازل الحديثة المسجلة ومدى تكراريتها. أيضاً تشكل بيانات معدلات التحركات الحديثة للقشرة الأرضية والطاقة المتجمعة عنها أهمية كبيرة فى الإجابة عن مدى قوة الزلزال المحتمل حدوثه. وتزداد درجة الدقة فى الإجابة عن هذا التساؤل متى توافرت كافة البيانات عن منطقة النشاط الزلزالى ... إلا ان درجة الدقة فى تعيين قوة الزلزال المتوقع حدوثه تقل عامة عن درجة الدقة فى تعيين موقع حدوثه .

أما الإجابة عن السؤال الثالث ... متى يحدث الزلزال القادم ؟ ... فهو أصعبها على الإطلاق حتى مع توافر كافة البيانات السابق ذكرها ، حيث ان الإجابة عن هذا التساؤل ما زالت صعبة المنال ودرجة دقتها منخفضة جداً. وما زالت الإجابة عن زمان حدوث الزلازل مسألة حظ نادر وفى حالات كثيرة يحدد مدى زماني طويل ... وقد لا يحدث زلازل مؤثرة خلال الفترة المحددة.

وعلى الرغم من الصعوبة التى يلقاها العلماء فى الوقت الحالي للإجابة عن هذه المجاهيل الثلاثة مجتمعة ، وما تعنيه من صعوبة توقع حدوث الزلازل حتى الآن وفى المستقبل القريب... إلا أنه يمكننا القول بأن الإتجاهات البحثية فى هذا المجال ما زالت حديثة وبالمنظور العلمى يمكن القول بأنها فى بدايتها ... وقد تساعد التقنيات الحديثة على تطويرها ورفع درجة الدقة فى الإجابة عنها.

ونظراً لصعوبة التنبؤ بحدوث الزلازل حالياً ... ولما تسببه الزلازل الكبيرة من خسائر فى الأرواح والممتلكات ... يعمل العلماء حالياً على الإستفادة من البيانات السابق ذكرها (بيانات الزلازل التاريخية والحديثة ، البيانات الجيولوجية والجيوفيزيقية التفصيلية ، بيانات دراسات تحركات القشرة الأرضية ... ألخ) ... لإجراء العديد من الدراسات التى تساعد على التقليل من مخاطر النشاط الزلزالى وآثاره المحتملة . وتشمل هذه الدراسات حالياً ما يلى :

- تحديد أماكن الصدوع والفوالق النشطة وتعيين معدلات التحركات الحديثة عليها.
- التعرف على طبيعة مناطق النشاط الزلزالى ودراسة معدل تكراريته.
- إنشاء خرائط الشدة الزلزالية وتحديد نطاقاتها.
- دراسة طبيعة إنتشار الموجات الزلزالية فى صخور الأرض ودراسة مدى تأثير هذه الموجات على المبانى والمنشآت المقامة عليها.
- دراسة الأسلوب المناسب لتنفيذ الإنشاءات المقامة للزلازل بما يتلاءم مع طبيعة كل منطقة.



التخفيف من مخاطر الزلازل

تعد الزلازل من المخاطر الطبيعية المتوقعة التى يصعب التنبؤ بحدوثها حتى الآن ، فإذا ما قدر للإنسان التعرف على مكان وقوعها فى إطار التحديد المسبق لمناطق أحزمة وبؤر الزلازل على مستوى الكرة الأرضية ... وتحديد قوتها المحتملة بناءاً على دراسة تكرارية حدوث الزلازل فى مناطق النشاط الزلزالى المعروفة ، فإنه يصعب كثيراً بل يستحيل حتى الآن التنبؤ بزمن حدوث الزلازل . ونظراً لما تسببه الزلازل الكبيرة من خسائر فادحة فى الأرواح والممتلكات ، يعكف علماء الزلازل حالياً على إجراءا لدراسات والبحوث التى تساعد فى التخفيف من المخاطر الزلزالية والتقليل من آثارها المحتملة . وتعتمد الدراسات والبحوث التى يجريها علماء الزلازل حاليا على دراسة طبيعة مناطق النشاط الزلزالى وتحليل بيانات الزلازل التاريخية وبيانات الزلازل الحديثة (المسجلة) والبيانات الجيولوجية والجيوفزيقية المتاحة . وتشمل هذه الدراسات والبحوث ما يلى :

- تحديد النطافات الزلزالية وإنشاء خرائط الشدة الزلزالية،
- دراسة طبيعة إنتشار موجات الزلازل فى صخور الأرض ودراسة مدى تأثيرها على المبانى والمنشآت المقامة عليها ،
- إنشاء مبانى مقاومة للزلازل وعمل كود إنشائى لها .

وفيما يلى إستعراضاً مبسطاً لهذه الدراسات والبحوث والهدف منها:

(١) تحديد النطافات الزلزالية وإنشاء خرائط الشدة الزلزالية :

تعرف خرائط النطافات الزلزالية أو المخاطر الزلزالية بالخرائط التى تقسم مناطق الكرة الأرضية الواسعة إلى نطافات زلزالية متفاوتة الشدة تبعاً لنشاطها الزلزالي وقوى الزلازل التى تحدث بها ومدى تأثيرها على

المناطق المجاورة لها . ويستخدم كأساس لإنشاء خرائط النطاقات الزلزالية بيانات التاريخ الزلزالى القديم والحديث لمناطق النشاط الزلزالي وجيولوجيتها السائدة . ويلزم عند حساب خرائط النطاقات الزلزالية لمنطقة ما أن يؤخذ فى الإعتبار الوضع التكتونى لهذه المنطقة ونوع التراكيب الجيولوجية السائدة مثل الصدوع والطيات وغيرها ، ومعدلات تحركات القشرة الأرضية (القديمة والحديثة) ، ونوع الصخور السائدة فى هذه المنطقة وطبوغرافيتها ... ومستوى المياه الجوفية بها ... وغيرها من العوامل الأخرى التى لها دور فعال فى تقوية أو تخفيف شدة الهزات الأرضية.

ولتحديد النطاقات الزلزالية أهمية كبيرة فى تصميم المبانى والمنشآت التى تتلائم طبيعتها ونوعها مع طبيعة المنطقة التى ستقام عليها ، وتحديد مدى مقاومتها للنشاط الزلزالى ومدى تأثيرها على هذه المنطقة . وتقسم النطاقات الزلزالية عادة حسب شدة الزلازل التاريخية والحديثة المتوقعة أيضاً ، وتستخدم هذه الخرائط مع البيانات الجيولوجية المتاحة عن المنطقة ونوعية صخورها كأساس لدراسة معامل الأمان الزلزالي وتصميم وإنشاء مبان ومنشآت مقاومة للزلازل بهدف التقليل من مخاطر النشاط الزلزالي.

ويمثل الشكل رقم (٤٢) خريطة المخاطر الزلزالية للنطاقات الزلزالية ، المحسوبة للمناطق المختلفة من الكرة الأرضية ، كما يمثل الشكل رقم (٤٣) خريطة المخاطر الزلزالية المحسوبة لمناطق أوروبا وإفريقيا والمنطقة العربية وجنوب شرق آسيا .

(٢) دراسة طبيعة إنتشار موجات الزلازل فى صخور الأرض :

تحدث أكبر الخسائر فى المبانى والمنشآت بفعل إهتزاز سطح الأرض الناتج عن مرور موجات الزلازل فى صخور الأرض ، وتزداد الخسائر عادة فى المناطق ذات المبانى والمنشآت القديمة أو الغير جيدة التصميم والإنشاء، ومن ثم فإن التصميم الجيد للمبانى والمنشآت فى مناطق النشاط الزلزالى والمناطق المتأثرة به تمنع هذه الكوارث أو تقلل منها.

ولعمل التصميم الجيد للمبانى والمنشآت فإنه يلزم دراسة ما يلى:

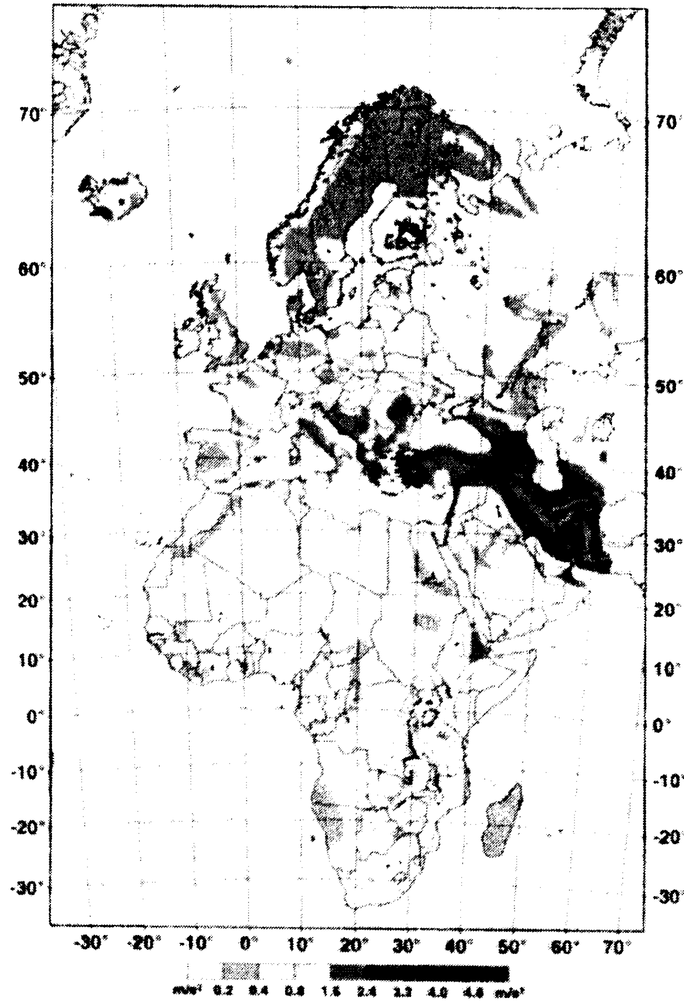
- طبيعة إنتشار الموجات الزلزالية فى صخور الأرض ، خاصة منها قشرتها الأرضية ،
- التغيرات الفيزيائية لصخور الأرض التى تصاحب إنتشار الموجات الزلزالية ،
- التغير فى سرعات الموجات الزلزالية عند مرورها فى صخور الأرض المختلفة،
- مدى تحمل نوعيات الصخور المختلفة للأرض للإجهادات الواقعة عليها ،
- معدلات تحركات القشرة الأرضية المصاحبة لحدوث الزلازل ،
- مدى تأثير هذه الظواهر الطبيعية على المبانى والمنشآت المقامة على هذه الصخور.

حيث أنه لكل من هذه الدراسات أو كلها مجتمعة أهمية كبيرة فى التعرف على طبيعة مناطق النشاط الزلزالي والمناطق المحيطة بها والمتأثرة بهذا النشاط . وتساعد هذه الدراسات فى إختيار الأسلوب الجيد لتصميم وإقامة المباني والمنشآت على المناطق المختلفة من الأرض حسب طبيعتها وذلك للعمل على التقليل من مخاطر الزلازل على هذه المباني والمنشآت.



شكل رقم (٤٢)

خريطة المخاطر الزلزالية لمناطق الكرة الأرضية



شكل رقم (٤٣)

خريطة المخاطر الزلزالية

لمناطق أوروبا وإفريقيا وجنوب - غرب آسيا والمنطقة العربية

وترجع أهمية هذه الدراسات نظراً لأن شدة إهتزاز سطح الأرض يتوقف على مقدار الطاقة الذبذبية المنطلقة من بؤرة الزلزال وعمق هذه البؤرة ، وخواص الصخور التى تمر فيها ونوعية التراكيب الجيولوجية السائدة وطبوغرافية سطح الأرض أيضاً . وتتوقف المساحة التى تتعرض للدمار بفعل الإهتزازات الزلزالية على إتجاه سريان الموجات الزلزالية وتأثرها بنوعية الصخور والتراكيب الجيولوجية السائدة .

(٣) إنشاء مباني مقاومة للزلازل :

عند حدوث الزلازل ، تقع معظم الخسائر البشرية والمادية نتيجة لتهدم المباني والمنشآت المقامة على سطح الأرض بسب إهتزاز سطحها الناتج عن مرور الموجات الزلزالية فى صخورها وتأثيرها على المبانى والمنشآت . ويكون الدمار كبيراً فى الأحوال التالية :

- حدوث زلازل قوية ذات طاقة تدميرية عالية ،
- حدوث زلازل ضحلة (بؤرها قريبة من سطح الأرض) ،
- طول أمد الهزة الأرضية وتكرارها ،
- كبر سعة الموجات الزلزالية خاصة فى المناطق الرخوة كالتربة الرملية والطينية .

وأشكال الدمار الذى يحدث للمبانى والمنشآت نتيجة للهزات الأرضية المصاحبة للحدث الزلزالى وتأثيرها على صخور الأرض المقامة عليها هذه المبانى والمنشآت متعددة. ومن صور الدمار المعروفة عن الزلازل ، على سبيل المثال لا الحصر ما يلى :

- تشقق حوائط المبانى وتصدعها بسبب تشوه التربة ،
- إعوجاج المباني العالية والأبراج بسبب الحركة الأفقية والرأسية للأرض ،

- إنهيار المبانى المقامة فوق قمم الجبال وسقوطها بسبب الإنزلاقات الأرضية ،
- ميل المباني وإنقلابها نتيجة الهبوط وسيلان التربة ،
- إنبعاج خطوط السكك الحديدية والحركة الإزاحية للطرق وسقوط الكباري بسبب
تشوهات التربة ،
- إنهيار كلى للمباني والمنشآت بسبب خسف ورفع سطح الأرض ،
- تدمير المباني القريبة من الشواطىء بسبب الطوفانات البحرية ،
- نشوب حرائق مصاحبة للإنهيارات التى تحدث بالمبانى والمنشآت .

ويمكن التقليل من الخسائر البشرية والمادية ، التى تحدث بسبب الزلازل، إلى حد كبير ، إذا ما تم تصميم وإنشاء مبان ومنشآت مقاومة للزلازل . ويتأتى ذلك من خلال الإستفاده من بيانات الهزات الأرضية ودراسة تأثيرها على المبانى والمنشآت ودراسة معامل الأمان الزلزالي وحساب أكواد خاصة بتصميم وتنفيذ منشآت تتحمل ضربات الزلازل بمناطق النشاط الزلزالي أو تقليل تأثيرها على هذه المناطق والمناطق المحيطة بها . ويلزم أن يكون هناك دليل إنشائى (كود) مناسب لكل منطقة حسب طبيعتها وشدة الزلازل المتوقعة بها ، وأن تأخذ الأكواد فى إعتبارها الحركات الرأسية والأفقية المصاحبة لحدوث الزلازل ومدى تأثيرها على المبانى والمنشآت ، للعمل على الإقلال من مخاطر الزلازل إلى أدنى حد ممكن . حيث يساعد التصميم الجيد للمباني والمنشآت وإقامة منشآت مقاومة للزلازل فى التقليل من مخاطرها وعدم حدوث تصدعات وإنهيارات لهذه المباني عند حدوث زلازل صغيرة ومتوسطة والتقليل من هذه المخاطر عند حدوث زلازل قوية . كما أن المباني جيدة الإنشآء تساعد فى التقليل

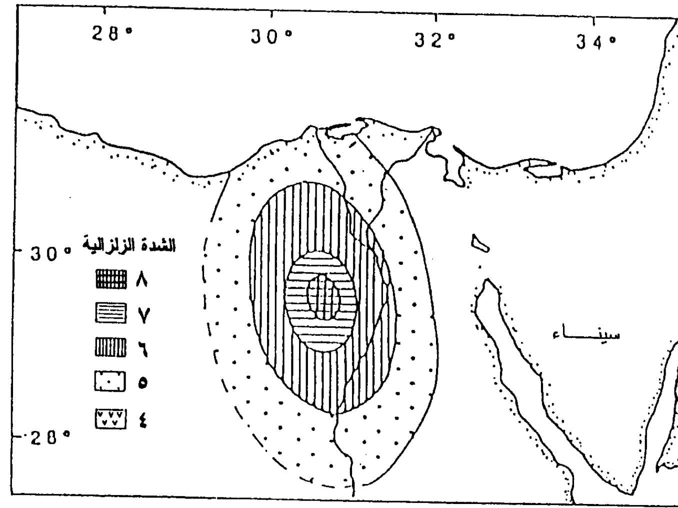
من الخسائر البشرية نظراً لتحملها لآثار الزلازل وسهولة وسرعة الإخلاء بعد الحدث الزلزالي.

وأيضاً فإنه من الأهمية بمكان وضع التشريعات والنظم اللآزمة للتأكد من الأخذ بالأكواد والأنماط الإنشائية ، الملائمة لكل منطقة حسب طبيعتها، فى تصميم وإقامة المنشآت والمبانى بهذه المناطق .



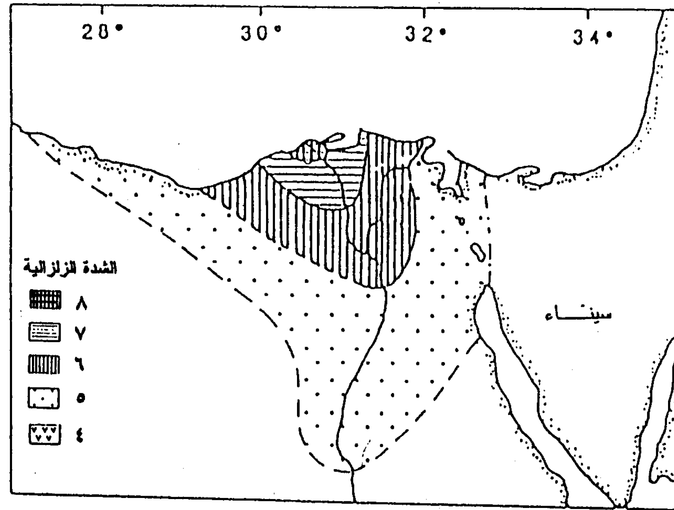
أتاح توافر البيانات عن النشاط الزلزالى التاريخي والنشاط الزلزالى الحديث المسجل داخل مصر والمناطق المحيطة بها ، وأيضاً البيانات الجيولوجية والتكتونية، والبيانات المتوافرة عن الخواص الطبيعية للصخور وإنتشار موجات الزلازل بها، من إجراء العديد من الدراسات والبحوث وحساب شدة الزلازل وإنشاء خرائط النطاقات الزلزالية وتوزيعاتها بالمناطق المختلفة من مصر. وقد بدأت هذه الدراسات لكل زلزال على حدة، بدءاً من الزلازل التاريخية وإنتهاءاً بالزلازل الحديثة المسجلة فى القرن العشرين. ثم تطورت الدراسات لتشمل جميع المصادر الزلزالية داخل مصر والمناطق المحيطة بها. ونذكر من نتائج الدراسات التى أجريت على الزلازل التاريخية والزلازل المسجلة، على سبيل المثال لا الحصر، ما يلى :

- خريطة توزيع شدة زلزال عام ١٨٤٧ (شكل رقم ٤٤) . وهو من الزلازل التاريخية التى أثرت على القاهرة والمناطق المحيطة بها ، وكان مركزة على بعد ٨٠ كيلومترا جنوب غرب مدينة القاهرة (الفيوم).
- خريطة توزيع شدة زلزال عام ١٨٧٠ (شكل رقم ٤٥) . وهو من الزلازل التاريخية القوية التى أثرت على شمال مصر والدلتا حتى شمال وادى النيل ، وكان مركزة البحر الأبيض المتوسط.
- خريطة توزيع شدة زلزال ١٢ سبتمبر ١٩٥٥ (شكل رقم ٤٦) . وهو من الزلازل القوية ، وكان مركزه شرق البحر المتوسط وتم تسجيله بأجهزة الرصد الزلزالى فى حلوان.
- خريطة توزيع شدة زلزال جزيرة شدوان فى ٣١ مارس ١٩٦٩ (شكل رقم ٤٧) . وهو من الزلازل القوية التى ضربت جزيرة شدوان (شمال البحر الأحمر وجنوب خليج السويس) ، وتم تسجيله بأجهزة الرصد الزلزالى فى حلوان .



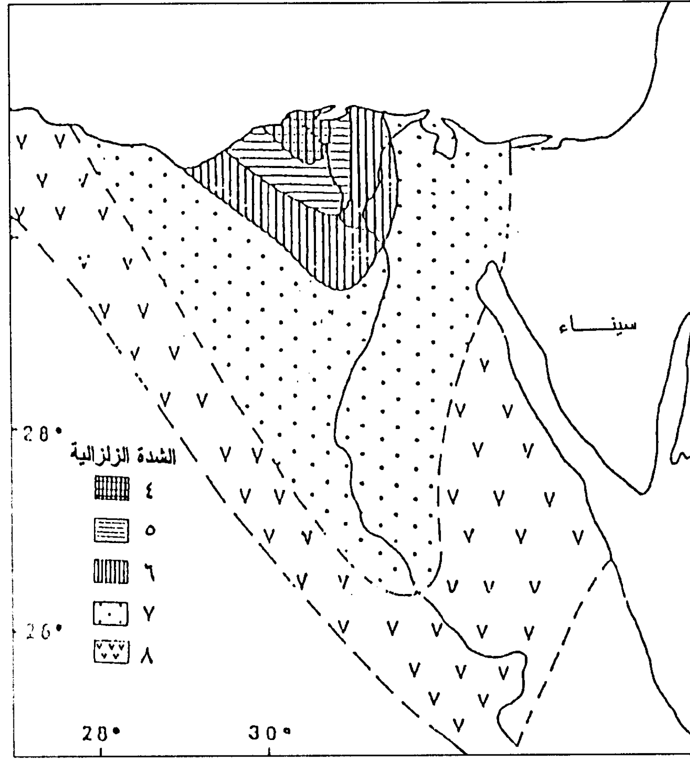
شكل رقم (٤٤)

خريطة توزيع شدة زلزال عام ١٨٤٧ (قبيصى ١٩٩٠)



شكل رقم (٤٥)

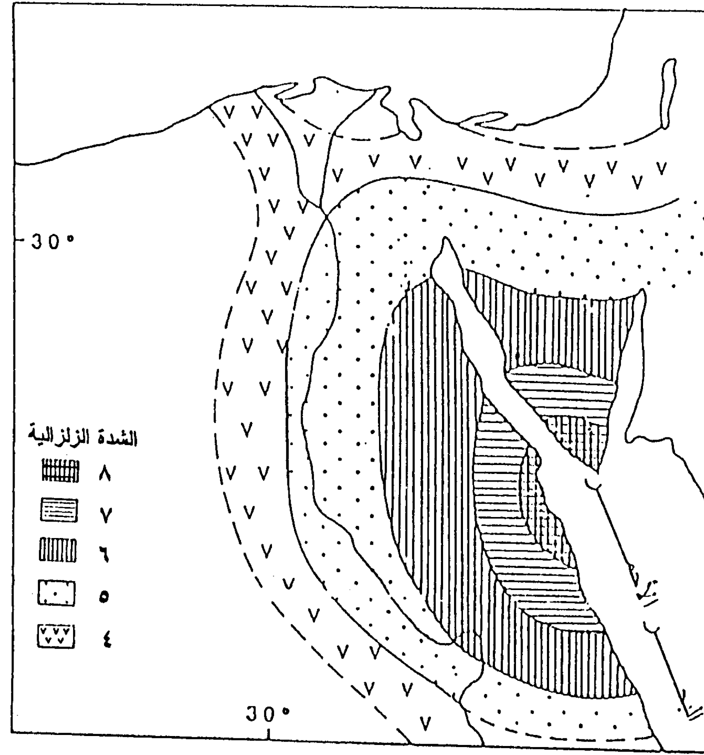
خريطة توزيع شدة زلزال عام ١٨٧٠ (قبيصى ١٩٩٠)



شكل رقم (٤٦)

خريطة توزيع شدة زلزال ١٢ سبتمبر ١٩٥٥

(مأمون ١٩٧٩ ، ١٩٨٤)



شكل رقم (٤٧)

خريطة توزيع شدة زلزال ٣١ مارس ١٩٦٩

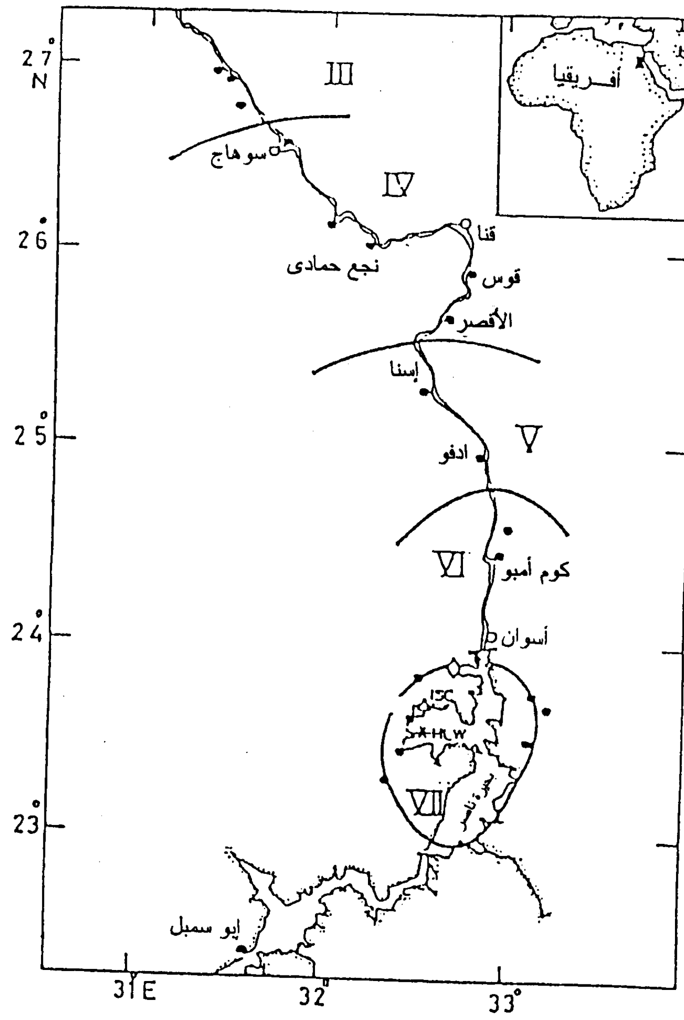
(مأمون والخشاب ١٩٧٨)

- خريطة توزيع شدة زلزال ١٤ نوفمبر ١٩٨١ (شكل رقم ٤٨) الذى ضرب منطقة كلابشة جنوب مدينة أسوان .

- خريطة توزيع شدة زلزال دهشور (جنوب غرب القاهرة) فى ١٢ أكتوبر ١٩٩٢ (شكل رقم ٥) .

وبناءاً على كافة بيانات النشاط الزلزالى التاريخي والنشاط الزلزالى الحديث داخل مصر والمناطق المحيطة بها أمكن حساب النطاقات الزلزالية وإنشاء خريطة الشدة الزلزالية لجميع مناطق مصر (شكل رقم ٤٩) . ويوضح الشكل رقم (٤٩) أن قيم شدة الزلزال بالمناطق الشمالية من مصر (شمال الدلتا) وشمال البحر الأحمر وخليج العقبة هى أعلى قيم محسوبة بمصر حيث تصل الشدة إلى حوالي ٨ درجة على مقياس ميركاللى . وتصل أقصى درجة لشدة الزلازل فى مناطق غرب منخفض القطارة وشمال بحيرة ناصر جنوب أسوان إلى حوالى ٧ درجة على مقياس ميركاللى . أما معظم مناطق جنوب الصحراء الغربية فتبلغ قيمة شدة الزلازل المحسوبة لها ما بين ٤- ٥ درجة على مقياس ميركاللى عدا منطقة جنوب غرب مصر (الجلف الكبير) التى تصل شدة الزلازل فيها إلى ٦ درجة على مقياس ميركاللى .

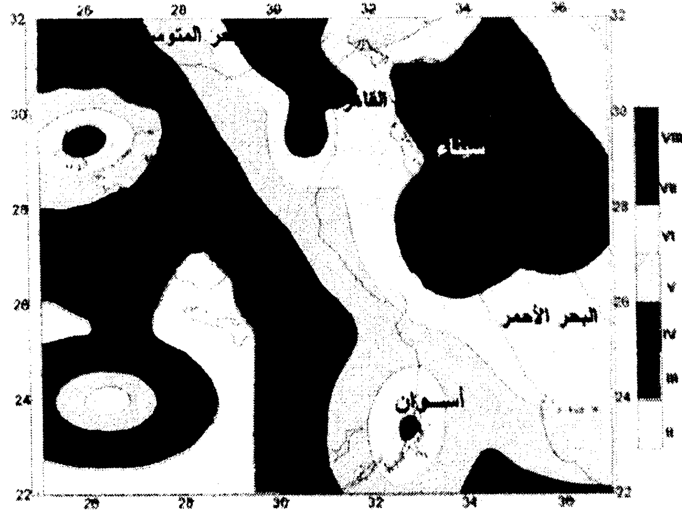
ونظراً لقلة تسجيلات عجلة موجات الزلازل بمصر حتى فترة قريبة ، فقد إستخدمت بيانات النشاط الزلزالي الحديث (المسجل) لحساب أقصى عجلة لحركة سطح الأرض والناتجة عن موجات الزلازل ، مع الأخذ فى الإعتبار توزيع النطاقات الزلزالية بالمناطق المحيطة بمصر من الشمال والشمال الشرقي . حيث تم حساب وإنشاء خرائط أقصى عجلة زلازل تؤثر على المناطق المختلفة من مصر لفترات زمنية مختلفة . وتعتبر الخرائط المحسوبة للفترة الزمنية ٥٠ سنه ذات أهمية خاصة فى حساب المخاطر



شكل رقم (٤٨)

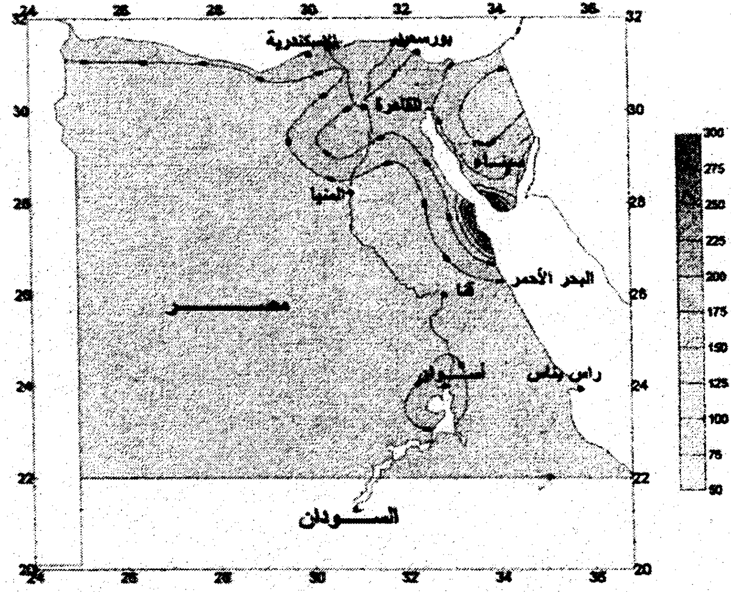
خريطة توزيع شدة زلزال ١٤ نوفمبر ١٩٨١

(كلابشه - جنوب أسوان) (قبيصى ١٩٨٢ - ١٩٩٠)



شكل رقم (٤٩)

النطاقات السيزمية لمصر (رياض وآخرون ١٩٩٦)



شكل رقم (٥٠)

خريطة أقصى عجلة (رياض وآخرون ١٩٩٦)

لزلزالية وكذلك المعاملات الهندسية والإنشائية المختلفة .ويمثل الشكل رقم (٥٠) خريطة أقصى عجلة زلزالية محسوبة للمناطق المختلفة من مصر . ويتضح من الشكل رقم (٥٠) أن المناطق جنوب خليج السويس قد تصل عجلة الزلازل فيها إلى أكثر من ٢٣٠ سم /ث٢ ، أى حوالي ٢٥٪ من قيمة عجلة الجاذبية الأرضية ، لذا فهي تمثل درجة عالية نسبياً من درجات الخطورة الزلزالية ، تتطلب ضرورة أخذ معاملات الأمان الزلزالى فى الإعتبار عند تصميم وإقامة المنشآت المختلفة بهذه المنطقة .

أما المناطق الأخرى من مصر مثل سيناء وجنوب الدلتا وشمال بحيرة ناصر فتصل عجلة موجات الزلازل فيها ما بين ١٠٥ - ١٣٠ سم /ث٢وهى درجة خطورة متوسطة وتتطلب أيضاً مواصفات هندسية خاصة لتصميم وإقامة المنشآت المختلفة بهذه المناطق . أما الصحراء الغربية لمصر فتتراوح عجلة موجات الزلازل فيها ما بين ٧٥ - ١٠٠ سم /ث٢ وهى تمثل درجة خطورة دون المتوسط ، وتتطلب مواصفات هندسية خاصة لإقامة المنشآت الحيوية فقط مثل محطات الكهرباء والسدود والكبارى... الخ .

وسوف تتيح أجهزة تسجيل عجلة موجات الزلازل التابعة للشبكة القومية للزلازل والتقليل من المخاطر والتى تم توزيعها على المناطق المختلفة داخل مصر ، تجميع المزيد من البيانات ومزيد ا من الدراسات والبحوث للإستفادة من بيانات عجلة موجات الزلازل للتعرف على طبيعة المناطق المختلفة وطبيعة إنتشار هذه الموجات فى التراكيب الصخرية المختلفة المشكلة التراكيب الجيولوجية لمصر . كما أن تغطيه كافة أرجاء مصر بمحطات رصد وتسجيل الزلازل سوف تتيح دراسة طبيعة إنتشار موجات الزلازل فى أنواع الصخور المختلفة والمتباينة فى مصر ودراسة تأثيرها على

المباني والمنشآت المقامة عليها ، ودراسة معامل الأمان الزلزالى وحساب الأكواد الخاصة بتصميم وإقامة المباني والمنشآت لكل منطقة حسب طبيعتها ، والعمل على التقليل من مخاطر النشاط الزلزالى على هذه المبانى والمنشآت وحماية البنية الأساسية للإقتصاد القومي .



مواجهة الزلازل

نظراً للخسائر البشرية والمادية التى تحدث بسبب الزلازل ، يلزم وضع الخطط للتخفيف والتقليل من آثارها كلما أمكن ذلك . وللتقليل من مخاطر الزلازل يلزم إعداد برامج تشمل ثلاث مراحل هى :

- ما قبل حدوث الزلزال .
- أثناء حدوث الزلزال .
- بعد حدوث الزلزال .

(١) مرحلة ما قبل حدوث الزلازل:

تتطلب هذه المرحلة التعرف على المخاطر المتوقعة بالمناطق المختلفة وإنشاء شبكات الرصد الزلزالى وإجراء الدراسات والبحوث بغرض :

- دراسة النشاط الزلزالى وتكرارية حدوثه وإستخدام الطرق الإحصائية لتحديد التوقعات المستقبلية لحدوث الزلازل .
- تحديد مكامن الزلازل وإنشاء خرائط النطاقات السيزمية .
- دراسة معامل الأمان الزلزالى وإدخاله فى تصميم المبانى والمنشآت المختلفة .
- إختيار أنسب الأماكن لإقامة المنشآت والمبانى .
- تطبيق الأساليب العلمية لإنشاء مباني مقاومة للزلازل ، وملائمة لكل منطقة حسب طبيعتها .
- إرشاد وتوجيه المواطنين إلى ما يجب إتباعه عند حدوث الزلزال .
- نشر الوعي الزلزالي فى المدارس والمصانع والمؤسسات وتدريب المواطنين على الإجراءات الواجب إتخاذها عند حدوث الزلازل .

(٢) أثناء حدوث الزلزال :

يصاب الناس بالذعر والخوف وأحياناً بالهلع الشديد أثناء حدوث الهزة الأرضية ، لذا يلزم السيطرة على الموقف وتماسك الأعصاب ، حيث أنه العامل الأساسي فى إتخاذ القرار السليم ويقلل من عواقب الكارثة . وتقل أعداد الضحايا بزيادة الوعي بمخاطر الزلازل ودراية المواطنين بما يجب إتباعه عند حدوث الزلازل . ويختلف ما يجب إتباعه تبعاً لمكان تواجد المواطن لحظة حدوث الزلزال :

فإذا ما كنت خارج المباني والمنشآت يجب عليك إتباع ما يلى:

- إبتعد عن المباني خاصة منها المرتفعة والقديمة وكذلك الحوائط تحاشياً لإنهيارها .
- إبتعد عن الأشجار وأعمدة الكهرباء ومصادر الغاز.
- تحاشي المرور فوق الجسور المعلقة أو الكباري أو المرور أسفلها .
- تحاشى الدخول إلى الممرات أو الأنفاق .
- إبتعد عن شواطيء البحار المعرضة لمد الطوفانات البحرية .
- إبتعد عن ضفاف الأنهار وميول الجبال المعرضة للإنهيار.
- إذا كنت تقود سيارتك ، أوقف السيارة فوراً فى مكان مناسب بعيداً عن المباني وأعمدة الكهرباء والأشجار وإبق داخل السيارة حتى تنتهي الهزة الأرضية (الزلزال) .
- لا تعود إلى المنزل إلا بعد إنتهاء الزلزال .

وإذا ما كنت داخل المنزل أو أحد المباني يجب عليك إتباع مايلى :

- إبق داخل المنزل أو المبني ولا تخرج منه.

- إجمع أفراد الأسرة أو المصاحبين لك قريباً من مداخل الأبواب .
- لا تندفع نحو الأبواب للخروج من المبنى .
- تجنب إستعمال المصاعد الكهربية .
- إبتعد عن النوافذ والمرايا والمداخن والنجف وأى شىء معلق على الحائط أو السقف .
- إبتعد عن قطع الأثاث المرتفعة.
- ضع المريض الملازم للفراش تحت السرير .
- يفضل وضع الأيدي على الرؤوس لحمايتها .
- إغلق فوراً محابس المياه والكهرباء والغاز .
- إذا كنت فى مبنى عام كمتجر أو سينما أو مسرح فلا تستجيب لمشاعر الذعر ولا تندفع للخارج .

(٣) بعد حدوث الزلزال :

- كن هادئاً وتأكد من عدم وجود إصابات بنفسك أولاً .
- توقع حدوث توابع للزلزال الرئيسى ولا تنزعج لحدوثها.
- إستمر فى غلق محابس المياه والكهرباء والغاز إذا ما كنت بالمنزل وأعمل على فحص وصلات المياه والكهرباء والغاز للتأكد من سلامتها .
- لا تدخن ولا تستخدم أعواد الثقاب والولاعات للإنارة خوفاً من تسرب الغازات وحدوث حرائق وإستخدم البطارية فقط .
- إذا كان منزلك قد تعرض للتلف هيء نفسك لمغادرته وخذ معك ما يلزمك وأسرتك .
- إذا كنت بالخارج يجب الإبتعاد عن المباني المنهارة والإبتعاد عن أسلاك

الكهرباء المكشوفة وقطع الزجاج المتناثرة .

- إفتح الراديو لتلقى تعليمات رجال الدفاع المدني وإتبع تعليماتهم .
- إذا كان هناك حريق حاول إطفائه أو الإتصال بالمطافىء .
- لا تستخدم التليفون إلا عند الضرورة كالإبلاغ عن الحرائق أو المصابين .
- إذا كان هناك مصابون لا تحاول تحريكهم من أماكنهم لإحتمال وجود كسور بهم تتضاعف بتحريكهم .
- لا تعيق عمل رجال الدفاع المدني والإسعاف وعاونهم بما يطلب منك فقط .

ويتولى رجال الدفاع المدني الإجراءات التالية بعد إنتهاء الزلزال :

- حصر الخسائر و تقديرها .
- إيواء المضارين من الزلازل .
- فحص الخطوط العامة للمياه والغاز والكهرباء للتأكد سلامتها .
- إزالة الأنقاض .
- فحص المباني وتسجيل حالتها .
- الإبلاغ عن المصابين والإشراف على نقلهم إلى المستشفيات .
- عمل الترميمات والإصلاحات البسيطة .
- العمل على إعادة الأوضاع إلى ما كانت علية قبل الزلازل .
- دراسة وتحليل الأحداث والخروج بالدروس المستفادة .



المؤلف

أ.د./ على عبد العظيم تعيلب

أستاذ الجيوفيزياء وتحركات القشـــرة الأرضـــــية

ورئيس المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية

● من أوائل الحاصلين على درجة دكتوراه الفلسفة فى العلوم فى مجال " طبيعة الأرض " فى مصر ، حصل على درجة الدكتوراة عام ١٩٧٧ من معهد طبيعة الأرضية ببوتسدام بألمانيا .

● حصل على نوط الامتياز من الطبقة الأولى عام ١٩٩٥ وجائزة الدولة التشجيعية فى العلوم الچيولوچيا عام ١٩٨٨ عن دورة فى إنشاء تخصص دراسات تحركات القشرة الأرضية فى مصر . وهو حاصل أيضاً على شهادات تقدير من الجمعية الچيوفيزيقية المصرية عام ١٩٩٤ ومن المعهد القومى للبحوث الفلكية والچيوفيزيقية أعوام ١٩٩٠ ، ١٩٩٤ ، وميداليات تقدير من المعهد عام ١٩٩٠ .

على المستوى المحلى شغل مناصب علمية وقيادية متعدد بالمعهد . ويعمل منذ ديسمبر ١٩٩٩ رئيساً للمعهد القومى للبحوث الفلكية ويرأس الشبكة القومية للزلازل والتقليل من المخاطر . كما يعمل أيضاً مديراً لمركز الزلازل الإقليمى بأسوان .

وعلى المستوى الدولي فهو يمثل مصر لدى الرابطة الدولية للجيوديسيا، أحد روابط الإتحاد الدولي للطبيعة الأرضية ومقاييس الأرض، ويتمتع بعضوية اللجنة الدولية لتشوهات القشرة الأرضية، ورئاسة اللجنة الأفريقية لتشوهات القشرة الأرضية المثبقة عن الرابطة الدولية للجيوديسيا .

لجنة النشر

المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية

المحتويات



تم بحمد الله



شركة مطابع الطوبجى

٢٠ ش الجامع الإسماعيلي - ت : ٧٩٦٢٣٦٤

محمول : ٠١٠/١١١٨٨٨٤ - ٠١٢/٢١١٧٣٠٦

المدير العام

سمير الطوبجي

التصميم والإخراج الفنى للمهندس

مصطفى خيري